

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y TEXTIL



**“FORMULACIÓN DE UN PROYECTO DE INSTALACIÓN
DE UN CICLOTRÓN PARA LA PRODUCCIÓN DE
RADIOISOTOPOS DE USO EN MEDICINA NUCLEAR”**

**INFORME DE COMPETENCIA PROFESIONAL
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

INGENIERO QUÍMICO

POR LA MODALIDAD DE EXPERIENCIA PROFESIONAL

PRESENTADO POR:

LOURDES LIDANIA ZEGARRA MAYO

LIMA – PERÚ

2012

Dedicatoria
A mis padres por apoyarme siempre.

Agradecimiento

A Dios por iluminar siempre mi camino, a mi familia por confiar en mí.

RESUMEN

El Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN) como Organismo rector de la energía nuclear en el país, promueve todas las aplicaciones nucleares pacíficas que conduzcan al desarrollo del país, principalmente en la salud que busca el bienestar del ciudadano peruano. En este marco el IPEN promociona la tecnología nuclear en el ámbito de la medicina nuclear para el acceso a la tomografía por emisión de positrones (PET), técnica de diagnóstico médico que se ha desarrollado rápidamente en el mundo en los últimos 10 años, que permite realizar el diagnóstico temprano y eficaz de enfermedades oncológicas, cardiovasculares y neurológicas, evitando diagnósticos equivocados, cirugías innecesarias y reduciendo el costo de los servicios de salud. Para la aplicación de esta tecnología se requiere la utilización de radionúclidos de vida corta, radioisótopos emisores de positrones ^{18}F -FDG (Fluor Deoxiglucosa marcado con Fluor 18), los cuales se producen en un acelerador de partículas llamado Ciclotrón. El IPEN por su amplia trayectoria en la producción, protección radiológica y manejo de material radiactivo, es la entidad nacional competente para formular, evaluar y ejecutar el proyecto de inversión pública Instalación de un Ciclotrón y su unidad de radiofarmacia. Por estas consideraciones, se desarrollo el presente trabajo profesional, formulación de un Perfil de Proyecto de Inversión Pública (PIP) para instalar un Ciclotrón, bajo el marco y guía metodológica del Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP).

El estudio se sustento en un estudio de mercado de la población oncológica identificando el problema, causas y efectos, la brecha de demanda del servicio, plantear la alternativa de solución identificando la tecnología y los recursos, estimar los costos y finalmente calcular la rentabilidad del proyecto.

INDICE

| | |
|--|----|
| 1. INTRODUCCIÓN | 8 |
| 2. ORGANO EMPRESARIAL | 9 |
| 2.1 Nombre y razón social..... | 9 |
| 2.2 Estructura Orgánica..... | 10 |
| 2.3 Misión y Visión | 12 |
| 2.4 Organigrama | 13 |
| 3. RELACIÓN PROFESIONAL | 14 |
| 3.1 Condición de la relación laboral..... | 14 |
| 3.2 Documentos Probatorios | 15 |
| 4. TRABAJO PROFESIONAL DESARROLLADO | 16 |
| 4.1 Cargos desempeñados, tiempo de prestación | 16 |
| 4.2 Funciones asignadas a cada cargo | 16 |
| 4.3 Principales actividades profesionales realizadas..... | 17 |
| 5. DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD PROFESIONAL..... | 19 |
| 5.1 Justificación y objetivos de la Actividad Profesional presentada | 19 |
| 5.2 Metodología para la Formulación y Evaluación de un Proyecto de Inversión Pública..... | 21 |
| 5.2.1 Introducción..... | 21 |
| 5.2.2 Conceptos Básicos del SNIP | 22 |
| 5.2.3 Contenidos mínimos del perfil de un proyecto | 26 |
| 5.3 Modulo I: Aspectos Generales..... | 27 |
| 5.3.1 Nombre del Proyecto | 28 |
| 5.3.2 Unidad Formuladora y Unidad Ejecutora | 28 |
| 5.3.3 Identificación de los involucrados | 29 |
| 5.4 Modulo II: identificación | 32 |
| 5.4.1 Marco de Referencia..... | 33 |
| 5.4.2 Diagnostico de la situación actual | 34 |
| 5.4.3 Definición del Problema y sus causas..... | 48 |
| 5.4.4 Objetivo del Proyecto..... | 51 |

| | | |
|-------|--|-----|
| 5.4.5 | Alternativa de solución | 53 |
| 5.5 | Modulo III: Formulación | 55 |
| 5.5.1 | Horizonte de evaluación..... | 56 |
| 5.5.2 | Análisis de la Demanda | 57 |
| 5.5.3 | Análisis de la Oferta | 65 |
| 5.5.4 | Balance Oferta – Demanda..... | 65 |
| 5.5.5 | Planteamiento técnico de la alternativa..... | 71 |
| 5.5.6 | Cronograma de actividades | 79 |
| 5.5.7 | Costos..... | 82 |
| 5.5.8 | Beneficios..... | 98 |
| 5.6 | Modulo IV: Evaluación..... | 102 |
| 5.6.1 | Evaluación Económica..... | 103 |
| 5.6.2 | Evaluación Social..... | 106 |
| 5.6.3 | Análisis de Sensibilidad | 117 |
| 5.6.4 | Análisis de Sostenibilidad..... | 123 |
| 5.6.5 | Evaluación Ambiental..... | 127 |
| 5.6.6 | Matriz del Marco Lógico | 132 |
| 6. | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 134 |
| 7. | BIBLIOGRAFIA..... | 137 |
| 8. | ANEXOS..... | 139 |

Abreviaturas

| | |
|----------------------|--|
| $^{18}\text{F}^-$ | Radioisótopo emisor de positrón Fluor 18 |
| ^{18}F -FDG | Radiofármaco Fluor Desoxi- glucosa |
| BPM | Buenas prácticas de manufactura |
| Ci | Curie |
| CT | Tomografía computarizada |
| DGPM | Dirección General de Programación Multianual |
| EE.TT. | Especificaciones Técnicas |
| INEN | Instituto Nacional de Enfermedades Neoplásicas |
| IPEN | Instituto Peruano de Energía Nuclear |
| LPI | Licitación Pública Internacional |
| mCi | Mili curie |
| MEF | Ministerio de Economía y Finanzas |
| MEM | Ministerio de Energía y Minas |
| MeV | Mega electrón Voltios |
| MINSA | Ministerio de Salud |
| mSv | Mili sievert |
| OIEA | Organismo Internacional de Energía Atómica |
| OPI | Oficina de Programación e Inversiones |
| PEI | Plan Estratégico Institucional |
| PESEM | Plan Estratégico sectorial Multianual |
| PET | Tomografía por Emisión de Positrones |
| PIP | Proyecto de Inversión Pública |
| PIP | Proyecto de Inversión Pública |
| ROF | Reglamento de Organización y Funciones |
| RR. HH. | Recursos Humanos |
| SNIP | Sistema Internacional de Inversión Pública |
| UA | Micro amperios |
| UE | Unidad Ejecutora |
| UF | Unidad Formuladora |

1. INTRODUCCIÓN

El presente informe por competencia trata de la experiencia adquirida como formuladora en proyectos de inversión pública en el Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN) donde laboré 5 años en los periodos 1995 - 1998 y 2008 -2010.

El Instituto Peruano de Energía Nuclear es una Institución Pública Descentralizada del Sector Energía y Minas con la misión fundamental de normar, promover, supervisar y desarrollar las actividades aplicativas de la Energía Nuclear de tal forma que contribuyan eficazmente al desarrollo nacional.

Dirige sus actividades de promoción e investigación aplicada a través de Proyectos de interés socioeconómico, en armonía con las necesidades del país, incentivando la participación del sector privado, mediante la transferencia de tecnología.

En el Marco de los lineamientos y facultades que el IPEN ha emitido en sus documentos de gestión destaca lo siguiente:

En el Plan Estratégico Institucional (PEI) 2010 – 2016 del IPEN, se incluye nuevos retos de proyectos de trascendencia en el crecimiento institucional, que den valor agregado a las actividades del IPEN, brinde gran impacto y beneficio social a la población del Perú, en tal sentido, se realizó la formulación del Proyecto Ciclotrón.

El desarrollo de la presente actividad profesional culminó con la aprobación de viabilidad del PIP Ciclotrón a nivel Perfil ante la Oficina de Programación e Inversiones OPI del Ministerio de Energía y Minas en Noviembre del 2008, autorizando la continuación del estudio de Factibilidad.

2. ÓRGANO EMPRESARIAL

2.1. Nombre y razón social

El Instituto Peruano de Energía Nuclear con la finalidad de cumplir su misión cuenta con las siguientes instalaciones:

- Sede Principal
Ubicada en la Av. Canadá 1470 San Borja, Lima Perú. Cuenta con el Reactor Nuclear RP-0 y el Centro Superior de Estudios Nucleares.
- Centro Nuclear RACSO
Ubicada en las pampas de Huarangal en el Distrito de Carabayllo a 42 Km de la Ciudad de Lima. En dicho centro se tiene un Reactor Nuclear de Investigación RP-10, la Planta de Producción de Radioisótopos, la Planta de Gestión de Residuos Radiactivos y el Centro Nacional de Protección Radiológica.
- Oficina Técnica de la Autoridad Nacional
Ubicada en calle Justo Vigil N° 456, Magdalena del Mar, Lima
- Planta de Irradiación Multiuso
Ubicada en el Distrito de Santa Anita.

Las diversas sedes operativas son utilizadas para:

- Producir radioisótopos y radiofármacos con la finalidad de atender la demanda en hospitales y centros médicos.
- Brindar servicios de irradiación de productos agroindustriales y esterilización de productos médicos.
- Acciones de investigación y desarrollo tecnológico de aplicación pacífica de la tecnología nuclear en beneficio de diversos sectores económicos del país. El IPEN orienta sus actividades de promoción e investigación aplicada, a través de proyectos de interés socio

económico, en armonía con las necesidades del país e incentivando la participación del sector privado en las aplicaciones y buen uso de la energía nuclear.

- Actuar como Autoridad Nacional en el ámbito de la aplicación de las actividades relacionadas con las radiaciones ionizantes, velando principalmente por el cumplimiento de las Normas Reglamentos y Guías para la operación segura de las instalaciones nucleares y radiactivas, basadas en la Ley N° 28028 “Regulación del uso de fuentes de radiaciones ionizantes” y su reglamento.

2.2. Estructura Orgánica

El Instituto Peruano de Energía Nuclear fue creado el 04 de febrero de 1975 mediante Decreto Ley N° 21094 “Ley Orgánica del Sector Energía y Minas” y mediante el Decreto Ley N° 21875 “Ley Orgánica del IPEN” del 05 de Junio de 1977 y sus modificatorias.

Asimismo, mediante Decreto Supremo N° 062-2005-EM del 17 de diciembre de 2005 se aprueba la Estructura Orgánica y el Reglamento de Organización y Funciones – ROF del IPEN. El Presente ROF establece y norma la estructura, la organización y las funciones del IPEN.

Por mandato de su Ley Orgánica, el IPEN está encargado de promover, asesorar, coordinar, controlar y organizar las acciones para el desarrollo de la energía nuclear y sus aplicaciones en el País, de acuerdo con la política del Sector. Igualmente por mandato de la Ley, como Autoridad Nacional, está encargado de la regulación, autorización, control y fiscalización del uso de fuentes de radiación ionizante relativos a seguridad radiológica y nuclear, protección física y salvaguardar los materiales nucleares en el territorio nacional.

La Estructura orgánica del IPEN (Ver figura 1) es la siguiente:

1. ÓRGANOS DE GOBIERNO – ALTA DIRECCIÓN
 - 1.1 PRESIDENCIA
 - 1.2 Dirección Ejecutiva
 - 1.3 Secretaria General
2. ÓRGANOS DE CONTROL INSTITUCIONAL
 - 2.1 Oficina de Control Institucional
3. ÓRGANOS DE ASESORAMIENTO
 - 3.1 Oficina de Asesoría Jurídica
 - 3.2 Oficina de Planeamiento y Presupuesto
 - 3.2.1 Unidad de Planeamiento
 - 3.2.2 Unidad de Presupuesto
 - 3.2.3 Unidad de Racionalización
4. ÓRGANO DE APOYO
 - 4.1 Oficina de Administración
 - 4.1.1 Unidad de Contabilidad
 - 4.1.2 Unidad de Tesorería
 - 4.1.3 Unidad de Logística
 - 4.1.4 Unidad de Recursos Humanos
5. ÓRGANO DE LÍNEA
 - 5.1 Dirección de Investigación y Desarrollo
 - 5.1.1 Subdirección de Investigación Científica
 - 5.1.2 Subdirección de Desarrollo Tecnológico
 - 5.2 Dirección de Producción
 - 5.2.1 Subdirección de Operación de la Planta de Producción
 - 5.2.2 Subdirección de Operación de Reactores Nucleares
 - 5.3 Dirección de Servicios
 - 5.3.1 Subdirección de Seguridad Radiológica
 - 5.3.2 Subdirección de Servicios Tecnológicos
 - 5.4 Dirección de Transferencia Tecnológica
 - 5.4.1 Subdirección de Gestión del Conocimiento

5.4.2 Subdirección de Gestión de la Tecnología

5.5 Oficina Técnica de la Autoridad Nacional

5.5.1 Departamento de Fiscalización

5.5.2 Departamento de Autorizaciones

2.3. Misión y Visión

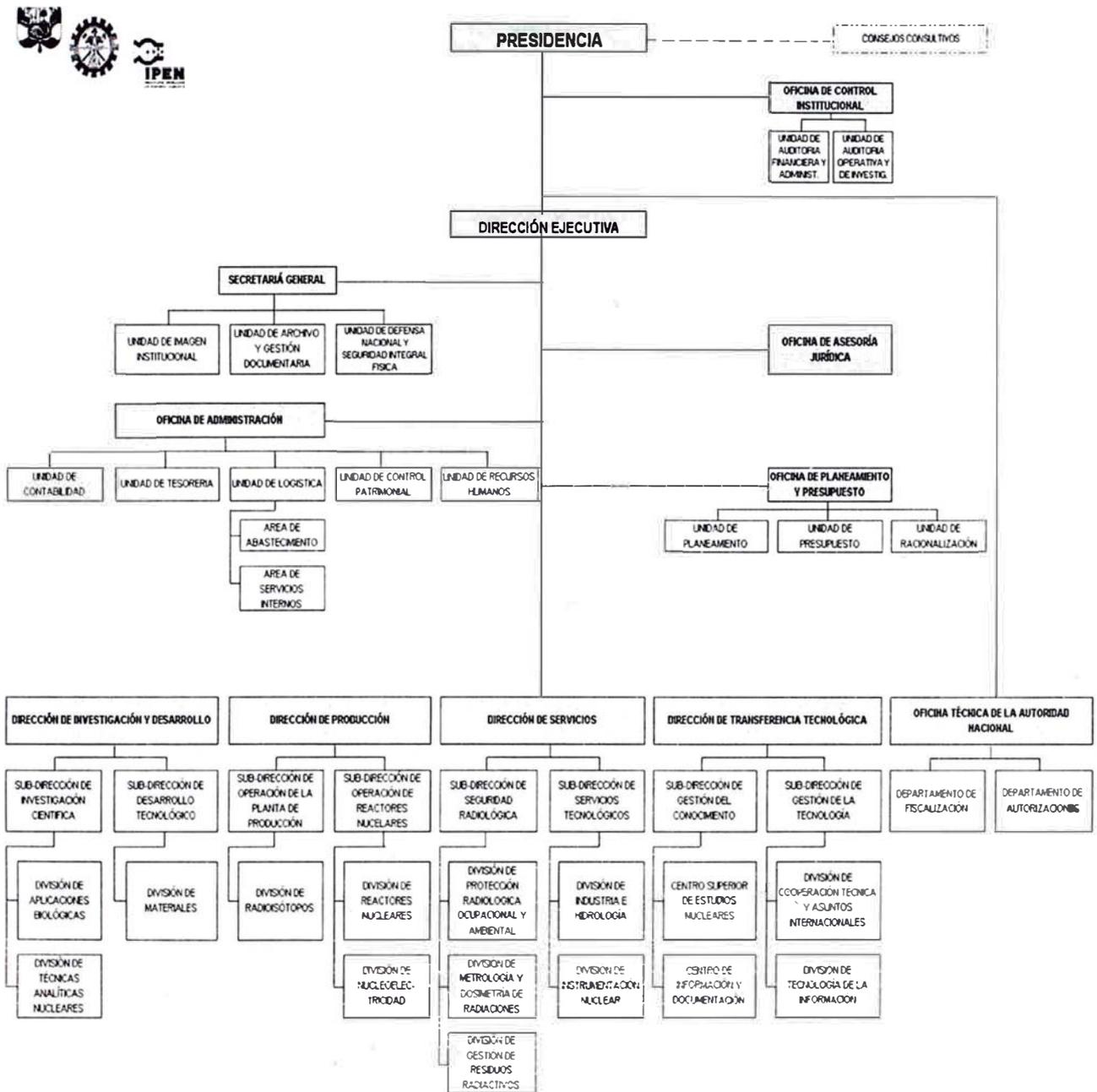
El IPEN tiene como **MISIÓN**:

“Normar, promover, supervisar y desarrollar la investigación y las aplicaciones nucleares y afines para mejorar la competitividad del país y la calidad de vida de la nación”

La **VISIÓN** del IPEN es:

“Institución de investigación y desarrollo reconocida internacionalmente por generar y transferir conocimiento científico y tecnológico que mejora la competitividad del país y el bienestar de la población, promueve el uso pacífico e intensivo de las aplicaciones nucleares y afines en los sectores productivos y de servicios. Regula y controla eficazmente el uso seguro de las radiaciones ionizantes.”

2.4 Organigrama Funcional



Fuente: IPEN

Figura 1: Organigrama funcional del IPEN

3. RELACIÓN PROFESIONAL

3.1 Condición de la relación laboral

La relación profesional durante mi permanencia en el IPEN durante el período 1995 hasta 1998 fue en calidad de contratada a plazo fijo, en planilla. Desempeñe funciones como Analista Químico de Laboratorio para la formulación de Agentes de Radiodiagnóstico del Proyecto Producción y Comercialización de Radioisótopos en la Dirección de Producción, Planta de Producción de Radioisótopos.

El trabajo realizado en esta primera etapa consistió en el desarrollo de nuevas fórmulas de agentes químicos para radiodiagnóstico adaptando procedimientos y técnicas estandarizadas a las condiciones de trabajo del laboratorio, realizando luego los controles radioquímicos respectivos.

Durante los años 2008 al 2010 en el IPEN mi condición laboral fue por servicios profesionales independientes bajo la modalidad de Contrato Administrativo de Servicios (CAS), de acuerdo con lo establecido en el Decreto Legislativo N° 1057 y su reglamento, Ley que regula el Régimen Especial de la Contratación Administrativa de Servicios. Me desempeñe como Especialista en Formulación de Proyectos de Inversión en la Oficina de Planeamiento y Presupuesto, Unidad de Planeamiento siendo el trabajo profesional desarrollado la Elaboración de los Perfiles de Proyectos de Inversión Pública.

Para la Formulación y Evaluación del Proyecto Ciclotrón, considerado de gran envergadura se designó una Comisión Técnica Multidisciplinaria mediante Resolución de Presidencia, solicitando el apoyo del personal de las áreas operativas competentes.

3.2 Documentos Probatorios

En el presente informe se adjunta el Certificado de Trabajo en los Períodos mencionados. (*Ver Anexo 1*).

4 TRABAJO PROFESIONAL DESARROLLADO

4.1 Cargos desempeñados, tiempo de prestación

Los cargos desempeñados en el IPEN durante el tiempo de prestación de servicios se encuentran en la tabla N° 1.

Tabla N° 1: Cargos profesionales

| Entidad | Cargo | Fecha de Inicio (Mes/Año) | Fecha de Culminación (Mes/Año) | DIRECCIÓN | Unidad |
|---------|------------------------------------|---------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| IPEN | Especialista en Formulación De PIP | 08/2008 | 08/2010 | Oficina de Planeamiento y Presupuesto | Unidad de Planeamiento |
| IPEN | Analista Químico | 04/1995 | 12/1998 | Dirección de Producción | Planta de Producción de Radioisótopos |

Fuente: Elaboración Propia. 2010

4.2 Funciones asignadas a cada cargo

La Oficina de Planeamiento y Presupuesto es el órgano encargado de formular, coordinar y evaluar los proyectos de inversión pública. Está a cargo de un Director.

Las funciones asignadas al cargo de Especialista en Formulación de PIP fueron las siguientes:

- Formular y evaluar estudios de pre-inversión de Proyectos de Inversión Pública, en concordancia con los lineamientos de la política del Sector, objetivos y estrategias institucionales.
- Coordinar la formulación del Proyecto con el equipo de trabajo designado de las diferentes unidades orgánicas involucradas.

- Reportar mediante informes de avance y resúmenes el avance físico de los proyectos, así como de los principales factores que afecten su marcha.
- Consolidar la información para la presentación del informe final de Formulación.
- Coordinar la presentación del informe final de Formulación del Proyecto ante el Sector, Oficina de Programación e Inversiones (OPI) del Ministerio de Energía y Minas.
- Efectuar el registro o actualización de la información de los proyectos en el Banco de Proyectos del Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP).
- Gestar iniciativas de proyectos para la institución en coordinación con las diferentes áreas de la organización.

4.3 Principales actividades profesionales realizadas

Las principales actividades profesionales realizadas fueron:

- ✓ Elaboración y Obtención de viabilidad del Perfil del PIP “Instalación de un Ciclotrón para producir Radioisotopos para la Salud en Lima” con código SNIP N° 65729, solicitado por la Dirección de Producción. Se declaró viable el 25 de Noviembre del 2008 la OPI del Ministerio de Energía y Minas. Se adjunta Documentos de Referencia: Oficio N° 589 – 2008 – MEM/OGP.
- ✓ Coordinación y elaboración en la formulación del estudio de Factibilidad del Proyecto Ciclotrón, presentando una versión preliminar en Setiembre del 2009. Se trata de un informe final consolidada con las observaciones realizadas por los miembros de la comisión técnica multidisciplinaria y un informe sobre las limitaciones y recomendaciones de dicho estudio a la Dirección de Planeamiento y Presupuesto.
- ✓ Elaboración y Obtención de viabilidad de los PIP menores: “Ampliación del Servicio de Análisis Radiológico en Muestras

Ambientales y Minerales a través de un Sistema de Espectrometría Gamma Portátil en el Perú” con código SNIP N° 151590 y el PIP menor “ Mejoramiento del Servicio de Análisis Radiológico en Muestras y Productos en el Laboratorio de Radiometría del Centro Nuclear RACSO de Carabayllo” con código SNIP N° 151687, ambos solicitados por la Dirección de Servicios. Al respecto, se declararon viables ambos PIP menores en Julio del 2010 por la Oficina de Programación de Inversiones del Ministerio de Energía y Minas. Se adjunta Documentos de Referencia: a) Oficio N° 199 – 2010 – MEM/OGP y b) Oficio N° 215 – 2010 – MEM/OGP.

- ✓ Participación a una Visita Técnica al Centro de Aceleradores Ciclotrón y Radiofarmacia efectuada en IPEN – Sao Paulo/Brasil en Junio del 2011 y la presentación de un Informe sobre la Visita Científica. Se adjunta Certificado expedido por el Director de Radiofarmacia IPEN/CNEN/SP – Brasil.
- ✓ También es importante mencionar que dentro de mi aprendizaje y experiencia profesional realice una Maestría en Gerencia de Innovación y Tecnología, iniciándome en el tema de Gerencia de Proyectos, en la Universidad de Ciencias Aplicadas Brandenburg, en Alemania, realizado entre el año 1999 al 2000. Se adjunta el Máster Certificado expedido por la Fachhochschule Brandenburg.

5 DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD PROFESIONAL

5.1 Justificación de la Actividad Profesional presentada

El Instituto Peruano de Energía Nuclear, como Organismo rector de la Energía Nuclear en el país, está encargado de promover todas las aplicaciones pacíficas que conduzcan al desarrollo del país. Al respecto la Medicina Nuclear ha tenido un impacto en el mejoramiento, bienestar y calidad de vida en el ciudadano peruano.

En el marco de esta importante función, surgió la idea que el país debía acceder a la Tomografía por Emisión de Positrones, PET, técnica de diagnóstico en medicina nuclear que se ha desarrollado rápidamente en el mundo en los últimos 10 años, lo cual permite realizar diagnóstico temprano de muchas enfermedades, lo que a su vez evita cirugías y diagnósticos equivocados, reduciendo también el costo de los servicios de salud. Para la aplicación de esta tecnología se requiere la utilización de moléculas marcadas con radioisótopos emisores de positrones, los cuales se producen en un equipo acelerador de partículas llamado ciclotrón. De allí que la idea del Proyecto nace como resultado de una necesidad sentida por la población de pacientes oncológicos, cual es la de realizar un diagnóstico más preciso para muchas enfermedades que hoy en día no se realizan por la falta de esta tecnología en el Perú.

A continuación en la Tabla N° 2 se presenta la situación actual de Ciclotrones en América Latina y España.

Tabla N° 2: Situación actual de Ciclotrones en América Latina y España (*)

| Pais | N° de Ciclotrones | N° de PETs |
|-------------|---|------------|
| Argentina | 04 (**) | 07 |
| Brasil | 10 (**) | 12 |
| Chile | 02 (**) | 03 |
| España | 11 | 40 |
| México | 03 | 07 |
| Puerto Rico | 01 | 04 |
| Venezuela | 01 | 01 |
| Colombia | Proyecto en Ejecución | - |
| Cuba | Proyecto en Estudio | - |
| Ecuador | Proyecto en Estudio | - |
| Uruguay | Proyecto en Estudio | - |
| Perú | 01 (**) Proyecto en Ejecución (Convenio IPEN – Essalud) | 01 |

Fuente: www.cnea.gov.ar

(*) A Abril del 2010.

(**) Sector Privado: 02 Ciclotrones en Argentina, 01 en Brasil, 01 en Chile y 01 en Perú.

5.2 Metodología para la Identificación, Formulación y Evaluación de un Proyecto de Inversión Pública.

5.2.1 Introducción

El Presente trabajo elaborado es guiado bajo la metodología de la Ley N° 27293, Ley del Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP) y sus modificatorias, normas reglamentarias y complementarias aprobada por la Resolución Ministerial N° 005 – 2011 –EF/10.

Desde enero de 2007, el SNIP se encuentra descentralizado cada Sector, Gobierno Regional o Gobierno Local está facultado a formular, evaluar y declarar la viabilidad de sus proyectos de inversión pública sin límite de monto, en función de sus competencias.

En este contexto, el Ministerio de Economía y Finanzas, a través de la Dirección General de Programación Multianual (DGPM) del Sector

Público, ente rector del SNIP, promueve la generación de capacidades en los diferentes niveles de gobierno, poniendo a disposición de las Unidades Formadoras, Unidades Ejecutoras, Oficinas de Programación e Inversiones así como el público en general su página web para recabar mayor información acerca del SNIP, Normatividad del SNIP, Instrumentos metodológicos, documentación que contempla la formulación y evaluación de proyectos de inversión pública.

Este trabajo profesional desarrollado tiene como objetivo brindar orientaciones básicas que permitan el entendimiento y la preparación de un Proyecto de Instalación Radiactiva de una manera integral y aplicable para la toma de decisiones de Inversión, resguardando la calidad de la inversión.

5.2.2 Conceptos Básicos del SNIP

El SNIP es un sistema administrativo del Estado que a través de un conjunto de principios, métodos, procedimientos y normas técnicas certifica la calidad de los Proyectos de Inversión Pública (PIP). Con ello se busca:

Eficiencia en la utilización de recursos de inversión.

Sostenibilidad en la mejora de la calidad o ampliación de la provisión de los servicios públicos intervenidos por los proyectos.

Mayor impacto socio-económico, es decir, un mayor bienestar para la población.

La inversión pública debe estar orientada a mejorar la capacidad prestadora de servicios públicos del Estado de forma que éstos se brinden a los ciudadanos de manera oportuna y eficaz

Componentes del SNIP

- El Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) a través de la DGPM
- El Órgano Resolutivo o más alta autoridad ejecutiva de la entidad, (Alcaldes, Presidentes de Gobiernos Regionales, Ministros, etc.)
- Las Unidades Formuladoras (UF) u órganos responsables de la formulación de los estudios de preinversión
- Las Oficinas de Programación e Inversiones (OPI) encargadas de la evaluación y declaración de viabilidad de los PIP y
- Las Unidades Ejecutoras (UE) responsables de la ejecución, operación y mantenimiento y evaluación ex post de los PIP en las diferentes entidades públicas de todos los niveles de Gobierno.
- La Dirección General de Programación Multianual DGPM que es el órgano rector del SNIP (Ver figura 2), mantiene una relación técnico-funcional directa con la OPI y a través de ella con la UF y la UE.

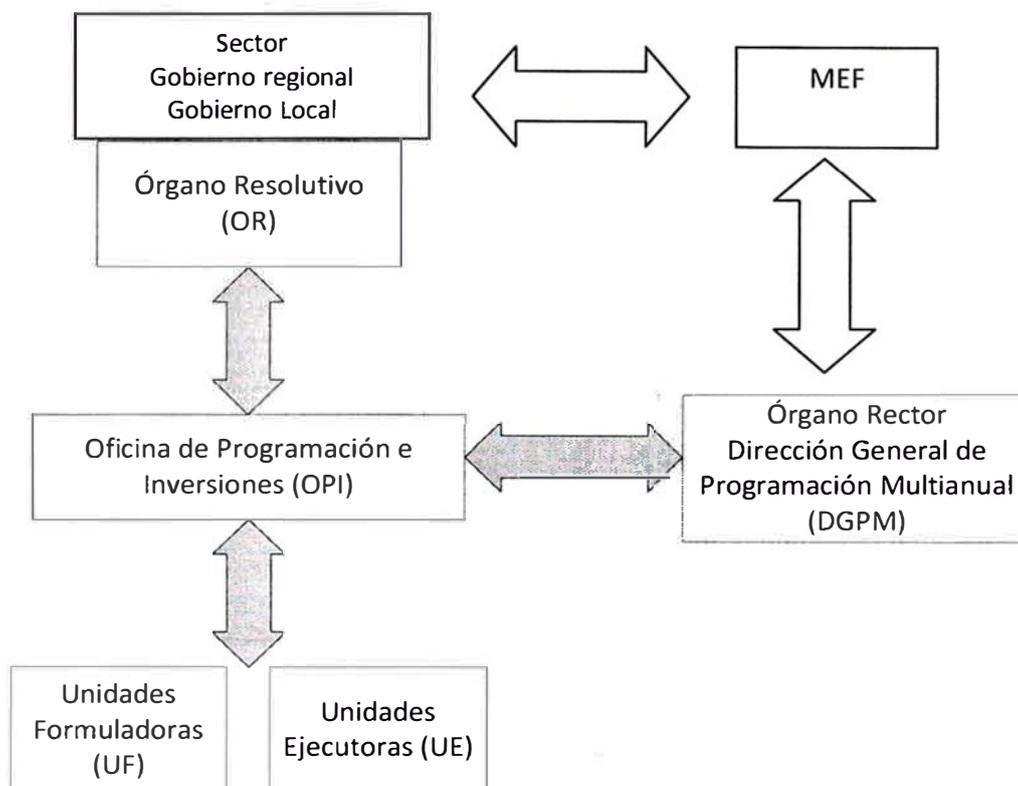


Figura N° 2: Componentes del SNIP

Fuente: www.mef.gob.pe

Proyecto de Inversión Pública

Los **Proyectos de Inversión Pública (PIP)**, son intervenciones limitadas en el tiempo con el fin de crear, ampliar, mejorar o recuperar la capacidad productora o de provisión de bienes o servicios de una Entidad, cuyos beneficios se generan durante la vida útil del proyecto.

Ciclo de Vida del Proyecto

El SNIP establece que todo PIP debe seguir el Ciclo de Proyecto, que comprende las fases de Pre-inversión, Inversión y Post-inversión. Como se muestra en la Fig. N° 2.

De acuerdo a la Normatividad del SNIP, se debe contar con los estudios de pre-inversión que sustenten que es socialmente rentable, sostenible en el tiempo y concordante con los lineamientos de política correspondientes al Sector, Gobiernos Regionales y Gobiernos locales, según corresponda. En la figura N° 3 se puede observar las etapas de un ciclo de vida de un proyecto.

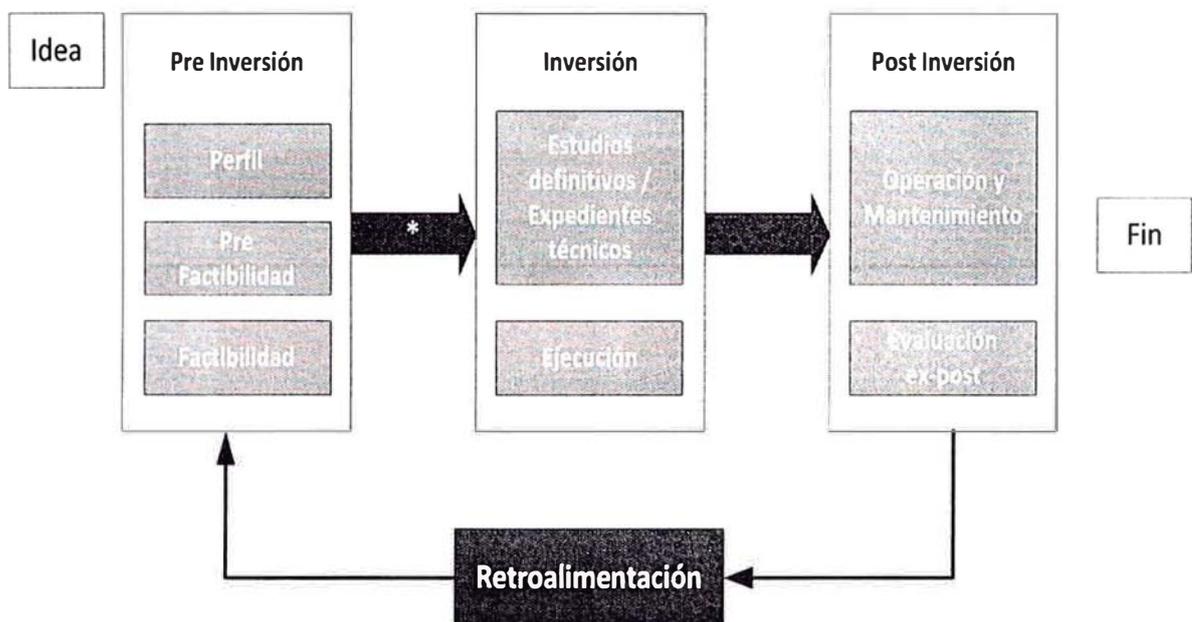


Figura N° 3: Ciclo de vida del Proyecto

Fuente: www.mef.gob.pe

(*) La declaración de viabilidad es un requisito para pasar de la fase de pre-inversión a la fase de inversión.

5.2.3 Contenidos mínimos del Perfil de un Proyecto

El perfil del proyecto debe constar de 5 módulos de acuerdo a los contenidos mínimos exigidos por el SNIP. En la figura N° 4 se presenta los contenidos mínimos de un perfil.

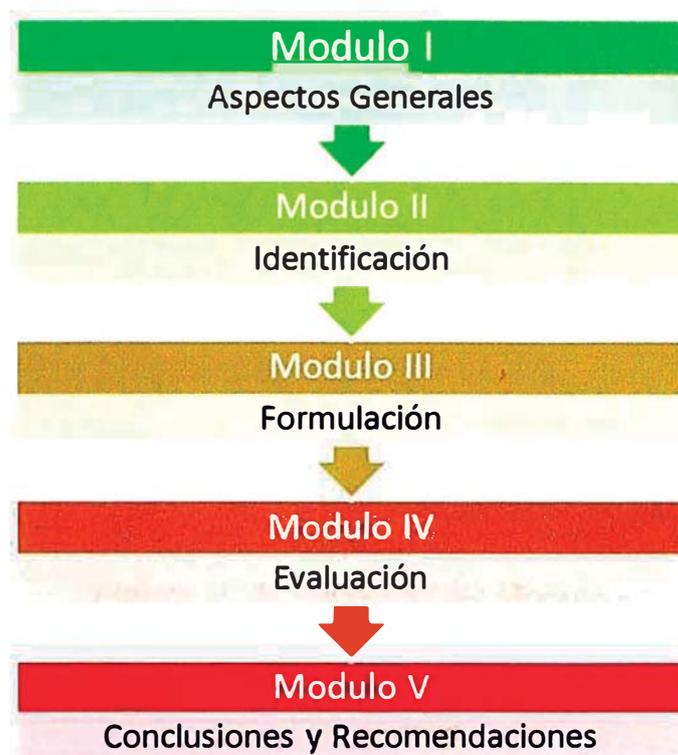


Figura N°4: Contenidos mínimos de un Perfil de un PIP

Fuente: Elaboración propia

A continuación se desarrolla el trabajo profesional para la Identificación, Formulación y evaluación de un proyecto de Instalación Radiactiva.

5.3 Modulo I. Aspectos Generales

Al finalizar este módulo se definirá los principales aspectos que caracterizan un proyecto de inversión pública – PIP, como es:

- Denominar correctamente un PIP.
- Identificar la entidad encargada de formular un PIP, así como la entidad que luego se encargará de ejecutarlo y operarlo.
- Reconocer la importancia e incentivar la participación de los beneficiarios, como se puede ver en la figura N° 5.



Figura N° 5: Esquema del Modulo I

Fuente: Elaboración propia

5.3.1 Nombre del Proyecto

“Instalación de un Ciclotrón para producir Radioisótopos para la salud en Lima”

5.3.2 Unidad Formuladora y Unidad Ejecutora

Unidad Formuladora: Esta unidad se encarga de elaborar y evaluar los estudios de preinversión de un proyecto de inversión pública, los datos que se debe mencionar se observa en la tabla N° 3.

Tabla N° 3: Datos de la Unidad Formuladora

| | |
|--------------------------------|--|
| Institución | Instituto Peruano de Energía Nuclear |
| Sector | Ministerio de Energía y Minas |
| Dirección | Av. Canadá 1470 Lima 41 |
| Unidad Formuladora | Oficina de Planeamiento y Presupuesto |
| Funcionario Responsable | Ing. Carlos Gayoso Caballero |
| Cargo | Director de la Oficina de Planeamiento y Presupuesto |

Fuente: Elaboración propia

Unidad Ejecutora: Se encarga de realizar la ejecución del Proyecto de inversión pública correspondiente a la inversión del proyecto del ciclo de vida, los datos de la unidad ejecutora se menciona en la tabla N° 4.

Tabla N° 4: Datos de la Unidad Ejecutora

| | |
|--------------------------------|--|
| Institución | Instituto Peruano de Energía Nuclear |
| Dirección | Av. Canadá 1470 Lima 41 |
| Unidad Ejecutora | Dirección de Producción |
| Funcionario Responsable | Ing. Manuel Castro Vicente |
| Cargo | Director de la Dirección de Producción |

Fuente: Elaboración propia

Es importante mencionar que la Dirección de Producción como unidad ejecutora del Proyecto cuenta con las capacidades y competencias para encargarse de la ejecución, tiene a su cargo la Planta de Producción de Radioisótopos, la cual cuenta con profesionales con amplia experiencia en los procesos radio químico de producción y control de calidad de nuevos radioisótopos que se producirán en el ciclotrón

5.3.3 Identificación de los involucrados

Los involucrados son:

- Beneficiarios Directos:
 - Médicos Oncólogos, Nucleares, Radiólogos
 - Instituciones Médicas: INEN, Salud, Instituciones Privadas
- Beneficiarios Indirectos: Población del Perú

En la tabla N° 5 se presenta la matriz de los grupos involucrados.

Tabla N° 5: Matriz de grupos de involucrados

| GRUPOS | INTERESES | PROBLEMAS PERCIBIDOS | RECURSOS Y MANDATOS |
|--------------------------------------|---|--|--|
| Población Beneficiaria | <ul style="list-style-type: none"> Mejoramiento de la calidad de vida Mayor esperanza de vida Disminución en el gasto del tratamiento | <ul style="list-style-type: none"> Alto costo de un examen PET Temor de realizarse un examen PET, mediante la inyección de una sustancia radiactiva | <ul style="list-style-type: none"> Derecho a la salud, educación y alimentación. |
| IPEN | <ul style="list-style-type: none"> Existencia de una tecnología de avanzada en medicina nuclear: Ciclotrón: Productor de positrones Incremento de valor de la Energía Nuclear como apoyo tecnológico en medicina nuclear Incremento de valor en la experiencia de seguridad radiológica y de distribución de radioisótopos en el campo médico Posibilidad de utilizar la tecnología nuclear en medicina realizando diagnóstico temprano | <ul style="list-style-type: none"> Desaprovechamiento de la capacitación a médicos y personal operante del ciclotrón por parte de la OIEA Tecnología nuclear que no se aplica en el País- Ciclotrón | <ul style="list-style-type: none"> Manejo de la seguridad Radiológica Posibilidades de recursos económicos para implementar este servicio |
| MEM Ministerio de Energía y Minas | Promover la generación de conocimiento e investigación aplicada en el área nuclear y estratégica para ser transferidos a los sectores productivos y sociales | Desaprovechamiento del desarrollo tecnológico como un proceso de mejora continua del capital humano, la productividad y competitividad del País. | El Proyecto se enmarca en el Plan estratégico sectorial Multianual PESEM 2008 -2011 |
| INEN | <ul style="list-style-type: none"> Incremento en la adquisición de un PET-CT última tecnología en Medicina nuclear Incremento en la cobertura de atención a pacientes con cáncer Incremento de los recursos propios Disminución del gasto de recursos públicos por tratamiento y/o cirugías innecesarias Capacitación de los médicos nucleares, radiólogos y oncólogos | <ul style="list-style-type: none"> Falta de un Diagnóstico eficaz que permita un tratamiento adecuado. Incremento en el costo de la atención médica Necesidad de capacitación a los médicos oncólogos del INEN. | <ul style="list-style-type: none"> Mejorar la calidad en la atención a los pacientes utilizando tecnología de avanzada Posibilidades de recursos económicos para implementar este servicio |
| Sector Salud MINSA ESSALUD FF AA PNP | <ul style="list-style-type: none"> Incremento en el valor de adquirir un PET para un diagnóstico más preciso Mejoramiento en el diagnóstico a pacientes con cáncer. Mejoramiento en la atención al paciente con cáncer. | <ul style="list-style-type: none"> Poca cobertura de capacitación a los médicos oncólogos del sector salud Poca divulgación de esta nueva tecnología a todos los médicos tratantes Incremento en el costo de la atención médica | <ul style="list-style-type: none"> Mejorar la calidad en la atención a los pacientes utilizando tecnología de avanzada Posibilidades de recursos económicos para implementar este servicio |
| Clinicas Privadas | <ul style="list-style-type: none"> Incremento en la adquisición de un PET-CT Incremento en la cobertura de atención a pacientes con cáncer Mejoramiento en el diagnóstico a pacientes con cáncer Incremento de los recursos propios. | <ul style="list-style-type: none"> Poca cobertura de capacitación a los médicos oncólogos de todas las clínicas privadas | <ul style="list-style-type: none"> Atender a los pacientes en mejores condiciones tecnológicas |

Fuente: Elaboración propia

5.4 Modulo II: Identificación

El Objetivo de este módulo es:

- Definir correctamente el problema que se intenta solucionar.
- Identificar las causas y los efectos del problema central.
- Plantear qué es lo que se quiere lograr con la realización del PIP.
- Plantear los medios y acciones que permitan el cumplimiento del objetivo central del PIP.
- Identificar los probables peligros que puedan afectar negativamente al PIP.
- Identificar los probables impactos que el PIP pueda generar afectando el medio ambiente.
- Plantear diversas alternativas que permitan dar solución al problema identificado. Cada alternativa de solución deberá estar enfocada en alcanzar el objetivo central planteado.



Figura N° 6: Esquema del Modulo II

Fuente: Elaboración propia

5.4.1 Marco de Referencia

El Instituto Peruano de Energía Nuclear por muchos años trabajo en la idea de establecer un ciclotrón para la producción de radioisótopos y radiofármacos emisores de positrones. Durante los debates del Plan Estratégico Institucional 2002 – 2006 del IPEN se consideró el proyecto con el nombre de “Implementación de un Centro PET”. En el año 2004 el IPEN consideró en su PEI incluir en su banco de proyectos la instalación de un ciclotrón. Es así que el IPEN creó la Unidad Formuladora a la Oficina de Planeamiento y Presupuesto responsable de formular proyectos de inversión pública.

Es así que en el Plan Estratégico Institucional (PEI) 2010 – 2016 del IPEN, se incluye nuevos retos de proyectos de trascendencia en el crecimiento institucional, que den valor agregado a las actividades del IPEN, brinde gran impacto y beneficio social a la población del Perú, en tal sentido, se realizó la formulación del Proyecto Ciclotrón.

Así mismo dentro de la programación multianual de inversión pública (PMIP) 2009-2011 del sector Energía y Minas incluye al proyecto ciclotrón con el objetivo de contribuir el logro específico del Sector como es “Desarrollar y promover la ciencia y tecnologías nucleares y afines en beneficio de la población, así como regular y fiscalizar el uso seguro de las radiaciones ionizantes”.

También se menciona dentro del Plan Estratégico Sectorial Multianual PESEM 2008 – 2011 del sector Energía y Minas, que los proyectos del IPEN contribuyen al logro del objetivo específico “*Desarrollar y promover la ciencia y tecnologías nucleares y afines en beneficio de la población, así como regular y fiscalizar el uso seguro de las radiaciones ionizantes*”. Por tanto, el proyecto “Instalación de un Ciclotrón para producir radioisótopos para la salud en Lima” esta en el marco de la programación multianual de inversión pública 2009 – 2011 del sector de energía y minas

5.4.2 Diagnostico de la Situación Actual

El cáncer en el Perú ha cobrado importancia como problema de Salud Pública, la mayoría de los casos es diagnosticada tardíamente en estadios avanzados donde el tratamiento sólo puede ser paliativo, además de costoso y en algunos casos relativamente poco efectiva.

De acuerdo a la Oficina de Epidemiología del Ministerio de Salud, el porcentaje de muertos por tumores malignos empezó a incrementarse registrándose en el año 1996 un 13.75% y en el año 2000 un 17.23% de casos de muerte por cáncer, con esta estadística El cáncer pasó a ser la segunda causa de mortalidad en el año 2000. Y esto hace que el cáncer se vuelva en un serio problema de salud pública en nuestro País.

Tabla N° 6: Muertes por tumores malignos

| Año | Total de Muertes | Muerte por tumores malignos | % de Muertos por tumores malignos |
|------------|-------------------------|------------------------------------|--|
| 1996 | 92 674 | 12 745 | 13,75 % |
| 1997 | 89 790 | 12 933 | 14,40 % |
| 1998 | 91 471 | 13 167 | 14,39 % |
| 1999 | 86 539 | 13 567 | 15,68 % |
| 2000 | 84 393 | 14 540 | 17,23 % |
| 2001 | 79 966 | 14 620 | 18,28 % |
| 2002 | 80 862 | 14 678 | 18,15 % |
| 2003 | 85 198 | 14 844 | 17,52 % |

Fuente: Oficina de Epidemiología: MINSA

En la tabla N° 7 se muestra las muertes por cáncer a nivel nacional, según los registros del Ministerio de Salud, estos fueron 14 844 muertes

por cáncer en el 2003 y 16 598 en el 2004, observándose en el sexo femenino un mayor número de muertes por cáncer.

Tabla N° 7: Muertes por Cáncer

| Muertes según sexo | 2003 | 2004 |
|---------------------------|---------------|---------------|
| Masculino | 6 947 | 7 718 |
| Femenino | 7 892 | 8 800 |
| No precisado | 5 | --- |
| TOTAL | 14 844 | 16 598 |

Fuente: Registro del MINSA

El cáncer ataca por igual al ser humano sin distinguir las condiciones sociales, sin embargo los pacientes provenientes de los estratos sociales A, B y C son los que están en mejores condiciones para enfrentar los gastos que los exámenes de diagnóstico, tratamientos y cirugía demandan. El riesgo promedio de morir por cáncer es mayor en la clase D. Estas variaciones en la frecuencia de cáncer entre las clases sociales están asociadas a diferencias en el estilo de vida.

Entre los indicadores hospitalarios que maneja el INEN tenemos los indicadores de consulta externa o ambulatoria, indicadores de laboratorio, indicadores de aplicaciones, indicadores de calidad. Entre los indicadores de aplicaciones se tiene el número de exámenes de Radiodiagnóstico como exámenes de diagnóstico realizados por imagen. Esta es una variable que va ha permitir estimar el estado actual de las enfermedades oncológicas como se muestra en la tabla N° 8.

Tabla N° 8: Exámenes de diagnóstico por imagen

| EQUIPOS DE DIAGNOSTICO POR IMAGEN | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 |
|--|---------------|---------------|---------------|---------------|
| TAC | 7 600 | 10 397 | 11 595 | 14 971 |
| Ecografías | 16 327 | 21 940 | 23 081 | 22 159 |
| Resonancia Magnética | 0 | 0 | 642 | 2 250 |
| GAMMAGRAFIAS - SPECT | 3 595 | 4 237 | 4 097 | 4 297 |
| TOTAL DE EXÁMENES DE DIAGNOSTICO POR IMAGEN | 27 522 | 36 574 | 39 415 | 43 677 |

*Fuente: Centro de Medicina Nuclear -IPEN, Elaboración Propia
Fuente: Oficina de Estadística del INEN*

Se observa que el total de exámenes de diagnóstico por imagen realizado en el 2008 fue de 43,677, de allí no todos los pacientes necesitarán realizarse un examen de diagnóstico PET/CT, solo un porcentaje de pacientes necesitará de esta tecnología.

Otro indicador importante que maneja el INEN es la apertura de historias clínicas según grupo de edad de los pacientes, donde se muestra que la mayor incidencia fue en adultos de 45 a 64 años con un 36.2%, mostrando también en ese rango de edad un elevado registro de historias clínicas en el sexo femenino, año 2002. Ver la tabla N° 9.

Tabla N° 9: Apertura de Historias Clínicas según Grupo de Edad

| Grupo de Edad | Año 2002 | | | |
|---------------|------------|------------|------------|------------|
| | Masculino | Femenino | Total | % |
| 0 - 14 | 28 | 21 | 49 | 5,3 |
| 15 - 19 | 8 | 11 | 19 | 2,1 |
| 20 - 34 | 42 | 88 | 130 | 14,2 |
| 35 - 44 | 40 | 95 | 135 | 14,7 |
| 45 - 64 | 94 | 238 | 332 | 36,2 |
| > 65 | 113 | 139 | 252 | 27,5 |
| Total | 325 | 592 | 917 | 100 |

Tabla N° 10: Apertura de Historias Clínicas según Procedencia

| Procedencia | Masculino | Femenino | Total | % |
|---------------|------------|------------|------------|-------------|
| TOTAL | 325 | 592 | 917 | 100 |
| Amazonas | 2 | 4 | 6 | 0,7 |
| Ancash | 17 | 25 | 42 | 4,6 |
| Apurímac | 6 | 5 | 11 | 1,2 |
| Arequipa | 6 | 17 | 23 | 2,5 |
| Ayacucho | 7 | 8 | 15 | 1,6 |
| Cajamarca | 6 | 16 | 22 | 2,4 |
| Callao | 11 | 36 | 47 | 5,1 |
| Cuzco | 6 | 10 | 16 | 1,7 |
| Huancavelica | 2 | 1 | 3 | 0,3 |
| Huánuco | 3 | 9 | 12 | 1,3 |
| Ica | 9 | 23 | 32 | 3,5 |
| Junín | 15 | 23 | 38 | 4,1 |
| La Libertad | 16 | 25 | 41 | 4,5 |
| Lambayeque | 9 | 14 | 23 | 2,5 |
| Lima | 175 | 322 | 497 | 54,9 |
| Loreto | 7 | 7 | 11 | 1,2 |
| Madre de Dios | 0 | 0 | 0 | 0,0 |
| Moquegua | 1 | 1 | 2 | 0,2 |
| Pasco | 2 | 4 | 6 | 0,7 |
| Piura | 12 | 25 | 37 | 4,0 |
| Puno | 3 | 4 | 7 | 0,8 |
| San Martín | 5 | 4 | 9 | 1,0 |
| Tacna | 3 | 4 | 7 | 0,8 |
| Tumbes | 2 | 1 | 3 | 0,3 |
| Ucayali | 0 | 3 | 3 | 0,3 |

Fuente: INEN Año 2002

Otro Indicador es el número de historias clínicas registradas según procedencia geográfica, que indica que del total de atenciones registradas por cáncer un 54,9 % son de Lima y un 44,7% son provenientes de otros departamentos del Perú, como se observa en la tabla N° 10 y 11.

Tabla N° 11: Resumen de apertura de Historias Clínicas según procedencia

| | |
|--------------------------------------|-------|
| Total de Provincias de Lima y Callao | 54.9% |
| Total Otros Departamentos del Perú | 44.7% |

Fuente: INEN 2002

En los hospitales de Salud del MINSA se registra que entre las mujeres los motivos de atenciones más frecuentes por cáncer son: Cuello uterino, mama, tumores de origen incierto, estómago, piel, ovario, boca, linfoma no Hodgkin, tiroides, colon y pulmón. En tanto, los hombres que realizan mayor número de atenciones son por tumores de origen incierto, próstata, estómago, Linfoma no Hodgkin, piel, boca, pulmón, colon, hígado y vías biliares y tiroides.

En los hospitales de ESSALUD, el cáncer también fue la primera causa de muerte con 21% entre los pacientes diagnosticados entre los años 1998 – 2004.

Si se hubiesen diagnosticado estas enfermedades en forma temprana, seguro que se hubieran podido evitar muchas de estas muertes, y el cáncer no pasaría a ser la segunda causa de muerte en el Perú. Según el Ministerio de Salud las atenciones por cáncer que se encontró en mayor incidencia según las edades fue en Adultos de 45 a 64 años con el 31,7% de casos de cáncer en el año 2004 y un 32.1 % en el 2005, como se observa en la Tabla N° 12.

Tabla N° 12: Atenciones por Cáncer según Edades

| Edad en años | Año 2004 | | Año 2005 | |
|--------------------|----------------|-------|----------------|-------|
| | Número | % | Número | % |
| 0 – 14 | 6 035 | 8,1 | 6 436 | 7,6 |
| 15 – 44 | 23 617 | 31,7 | 25 785 | 30,6 |
| 45 – 54 | 12 392 | 16,6 | 14 311 | 17,0 |
| 55 – 64 | 11 226 | 15,1 | 12 715 | 15,1 |
| 65 a más | 21 251 | 28,5 | 24 906 | 29,6 |
| Total MINSA | 74 521 | 100,0 | 84 153 | 100,0 |
| Total INEN | 233 595 | | 237 481 | |

Fuente: MINSA 2004, 2005

En el Perú el cáncer tiene importancia como causa de muerte y morbilidad, existen varios tipos de cáncer prioritarios, como causa de muerte y la mayoría concurren en período avanzado, en la tabla N° 13 se muestra algunos tipos de cánceres que causan más muerte.

Tabla N° 13: Cánceres que causan más muertes – MINSA 2004

| Localización | Hombres | Mujeres | Total |
|--------------------------|----------------|----------------|---------------|
| Estómago | 1 324 | 1 279 | 2 603 |
| Hígado y vías biliares | 696 | 954 | 1 650 |
| Bronquios y pulmón | 729 | 599 | 1 328 |
| Cuello uterino | --- | 1 244 | 1 244 |
| Próstata | 1 100 | --- | 1 100 |
| Mama | 14 | 770 | 874 |
| Tumor de origen incierto | 360 | 416 | 776 |
| Colon | 326 | 412 | 738 |
| Leucemia | 380 | 344 | 724 |
| Páncreas | 276 | 289 | 565 |
| Linfoma no Hodgkin | 291 | 230 | 521 |
| Boca | 114 | 72 | 186 |
| Piel | 59 | 57 | 116 |
| TOTAL DE MUERTES | 7 718 | 8 880 | 16 598 |

Fuente: MINSA Año: 2004

En la tabla N° 14 y 15 se muestra algunos datos epidemiológicos:

Tabla N° 14: Perfil Epidemiológico

| | |
|--|-------|
| Tasa de Incidencia por cáncer globales (*) | 150,7 |
| Tasa de mortalidad por cáncer globales (*) | 78,3 |

() por 100 000 habitantes de la ciudad de Lima*

Fuente: Registro de cáncer de Lima Metropolitana 1997

Tabla N° 15: Casos de cáncer - Tasas

| AÑO | 1990 - 1993 | 1994 - 1997 | |
|--------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| CASOS | Tasa de Incidencia/ 10 ⁵ | Tasa de Incidencia/10 ⁵ | Tasa de Mortalidad/10 ⁵ |
| Cáncer Gástrico | 20,5 | 20,9 | 16,7 |
| Cáncer de mama | 32 | 32,2 | --- |
| Cáncer de cuello uterino | 26 | 23,5 | --- |
| Cáncer de Próstata | 19 | 28,8 | --- |

Tasa de Incidencia estandarizada por 100 000 habitantes

Fuente: Registro de cáncer de Lima Metropolitana 1997

Y el número de casos nuevos de cáncer en Lima Metropolitana proyectada en 10 años se muestra en la tabla N° 16.

Tabla N° 16: Número de casos nuevos de cáncer

| LIMA: POBLACIÓN PROYECTADA | | |
|-----------------------------------|--|--|
| AÑO | Población: Lima Metropolitana 1/. | Nº de casos por cáncer: Tasa de Incidencia del cáncer 150/100 000 |
| 2007 | 8 482 619 | 12 724 |
| 2008 | 8 618 341 | 12 928 |
| 2009 | 8 756 234 | 13 134 |
| 2010 | 8 896 334 | 13 345 |
| 2011 | 9 038 675 | 13 558 |
| 2012 | 9 183 294 | 13 775 |
| 2013 | 9 330 227 | 13 995 |
| 2014 | 9 479 511 | 14 219 |
| 2015 | 9 631 183 | 14 447 |
| 2016 | 9 785 282 | 14 678 |
| 2017 | 9 941 846 | 14 913 |
| 2018 | 10 100 916 | 15 151 |
| 2019 | 10 262 530 | 15 394 |
| 2020 | 10 426 731 | 15 640 |

1/Comprende la provincia de Lima y la provincia constitucional del Callao

*Tasa de crecimiento promedio anual: *1,6%*

** Fuente: INEI - Censos Nacional de Población y Vivienda 2007*

Un caso clínico de investigación realizado por el INEN fue el cáncer de mama. Se analizaron 1 574 casos consecutivos de cáncer de la mama (Ver tabla N° 17) atendidos entre los años 1990-92, encontrándose que 48,28% de las enfermedades tenían cáncer inoperable, (Estadios III y IV), es decir en un grado avanzado. Mientras que en los países desarrollados, como en Estados Unidos, la mayoría de los casos se encuentra en sus inicios en los estadios 0 y I, con un 56,2%.

Tabla N° 17: Cáncer de la Mama – Estadios Clínicos

| INEN, Lima, 1990 - 92 | | | U.S.A.; 1995 | |
|-----------------------|--------------|---------------|----------------|--------------|
| Estadio | N° | % | N° | % |
| 0 | 13 | 0,83 | 14 790 | 14,3 |
| I | 145 | 9,21 | 43 363 | 41,9 |
| II | 656 | 41,68 | 33 315 | 32,2 |
| III | 507 | 32,21 | 7 616 | 7,4 |
| IV | 253 | 16,07 | 4 377 | 4,2 |
| Total | 1 574 | 100,00 | 108 023 | 100,0 |

Fuente: Oficina de Estadística de INEN

De acuerdo al Sector Salud la atención del cáncer que se da en nuestro país, esta principalmente en:

- Sector público: MINSA (INEN), EsSalud (Hospitales y policlínicos del seguro social), Hospitales de las FFAA y PNP.
- Sector privado: Clínicas y/o instituciones privadas.

En la tabla N° 18 tomado del Registro de Cáncer de Lima Metropolitana en el período 1994 – 1997 revela las fuentes de primer diagnóstico de los casos de cáncer registrados en Lima y el análisis mostro que 31,6 % provinieron del Instituto de Enfermedades Neoplásicas INEN, el 24.6% de

EsSALUD hospitales del seguro social (Excluyendo al INEN), el 9,5 % de clínicas e instituciones privadas, el 3,9% de los hospitales de las FF.AA. y PNP y el 13,3% de los certificados de defunción.

Tabla N° 18: Registro de casos de primer diagnóstico de cáncer

| Fuentes de diagnóstico del cáncer | % Casos Total 100% |
|--|-------------------------------|
| INEN Instituto especializado de enfermedades neoplásicas | 31,6 |
| Salud Hospitales del Seguro Social | 24,6 |
| MINSA Hospitales del sistema de Salud Pública | 17,1 |
| Clínicas y/o instituciones Privadas | 9,5 |
| FF.AA. y PNP | 3,9 |
| Certificados de Defunción | 13,3 |

Fuente: Registro de Cáncer de Lima Metropolitana 1994 - 1997

En cuanto a los Equipos en el sector público (Ver tabla N° 19), se dispone de equipos de diagnóstico con una tecnología no de avanzada que permita un diagnóstico temprano y de precisión, llevando esto a terapias inadecuadas o cirugías innecesarias, largas hospitalizaciones, generando el gasto innecesario de los recursos económicos del Estado.

Tabla N° 19: Equipos existentes

| Tipo de Equipo | MINSA | ES-SALUD | FFAA y PNP | Otros Clínicas Privadas |
|---------------------------|-------|----------|------------|-------------------------|
| Tomógrafos computarizados | 14 | 30 | 3 | 52 |
| Resonadores | 2 | 4 | 1 | 24 |
| Equipo de Radioterapia | 8 | 3 | --- | 9 |

Fuente: Base de Datos, OTAN, Minsa 2007

Lamentablemente no existe una estadística unificada que mida el número total de pacientes oncológicos en todo el Sector Salud, existiendo información fragmentada en registros hospitalarios del Sector Salud, en base a atenciones y exámenes realizados. Quedando claro que las enfermedades oncológicas aún es un problema de Salud pública en el Perú.

Por ello, la modernización en el Sector Salud, con el ciclotrón, es muy importante para el uso del diagnóstico temprano mediante la tomografía por emisión de positrones – PET, a una amplia gama de enfermedades oncológicas en forma indiscutible, evitando tratamientos médicos imprecisos y una mayor optimización de recursos económicos

5.4.3 Definición del Problema: Causas y Efectos

Problema Central, se define como:

Inexistencia de radioisótopos emisores de positrones y radiofármacos para el acceso al diagnóstico eficaz de PET/CT en Medicina Nuclear.

Para identificar las causas y efectos que generan el problema se realizó una encuesta a los médicos oncólogos y nucleares del Sector Salud. A continuación se menciona las causas y efectos identificados.

Identificación de las causas

Entre las causas identificadas se puede citar:

- Falta de certeza sobre si una lesión es maligna o no.
- Localización inadecuada de una lesión.
- Ineficaz diagnóstico temprano de las enfermedades oncológicas debido a la baja sensibilidad o especificidad para diferenciar lesión maligna o benigna.
- Limitado diagnóstico por la tecnología actual, no discrimina entre recurrencia y necrosis tumoral en los centros de salud.
- Incremento de la Neoplasia de origen incierto.
- Incremento en la recurrencia de pacientes intervenidos por cáncer.
- Escasa tecnología de avanzada para un diagnóstico funcional del metabolismo de las enfermedades oncológicas (PET).
- Inexistencia de la tecnología de producción de radioisótopos emisores de positrones (Ciclotrón) de vida corta, para estudiar metabolismo de tumores.
- Desconocimiento por parte de los médicos oncólogos de los radioisótopos emisores de positrones usados en medicina nuclear para un diagnóstico eficaz.
- Terapia inadecuada de pacientes en los que el estadio es efectuado por métodos disponibles localmente.
- Diagnósticos tardíos del cáncer.
- Malos hábitos y estilos de vida saludable de la población.
- Personas con mayor incidencia genética a contraer el cáncer.
- Limitado personal médico, oncólogo, radiólogo, capacitado en la nueva tecnología de diagnóstico temprano.

Identificación de los efectos del problema:

Se puede citar los siguientes:

- Deterioro creciente de la salud en pacientes oncológicos.
- Incremento del número de muertes por cáncer en los centros de salud.
- Esperanza de vida corta.
- Sufrimiento del paciente y de la familia en la fase terminal de la enfermedad.
- Cirugías innecesarias.
- Tratamientos largos y costosos.
- Baja calidad de vida de la población de pacientes con enfermedades oncológicas.
- Elevados costos de atención de salud.
- Postergación de otras necesidades.

La figura N° 7 resume las causas y efectos importantes del problema.

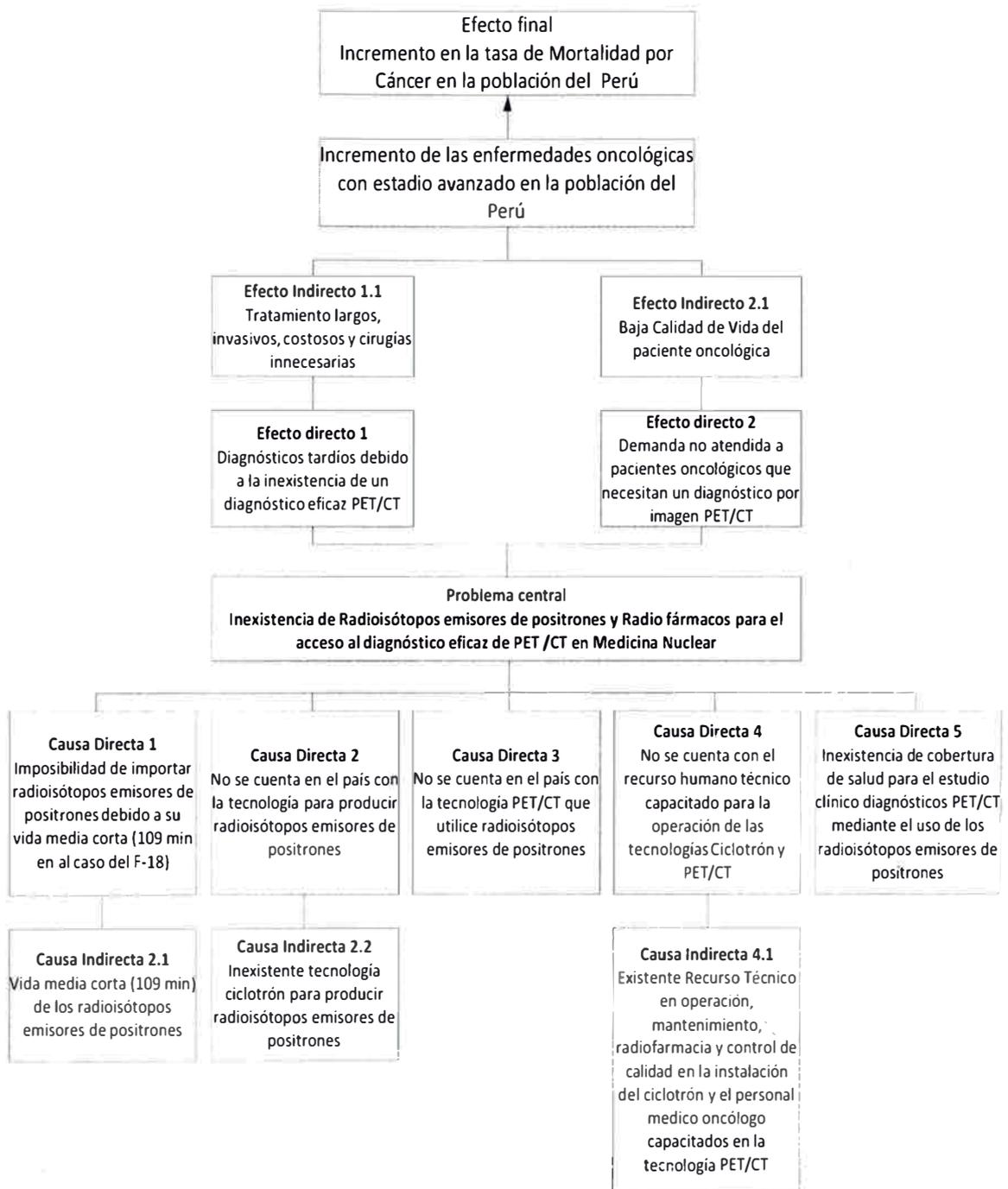


Figura N° 7: Árbol de Causas y Efectos

Fuente: Elaboración Propia

5.4.4 Objetivo del Proyecto: Medios y Fines

El objetivo central o propósito del presente proyecto (Ver figura N° 8) es producir el radioisótopo ^{18}F , emisor de positrón, con el que se sintetiza el radiofármaco ^{18}F -FDG, insumo usado para el diagnóstico PET/CT en Medicina Nuclear, que permitirá contribuir a la disminución de la incidencia de las enfermedades oncológicas avanzadas.

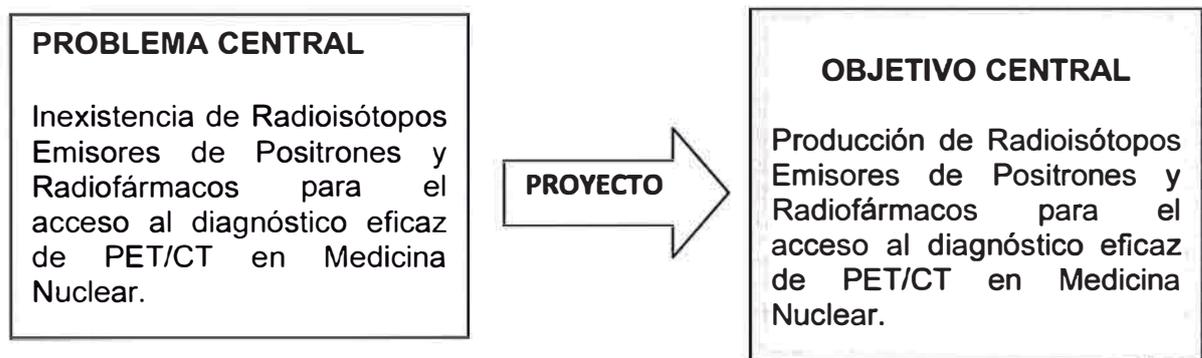


Figura N° 8: Objetivo del Proyecto

La solución del problema planteado viene a ser la situación positiva del árbol de problemas, como el que se observa en la figura N° 9.

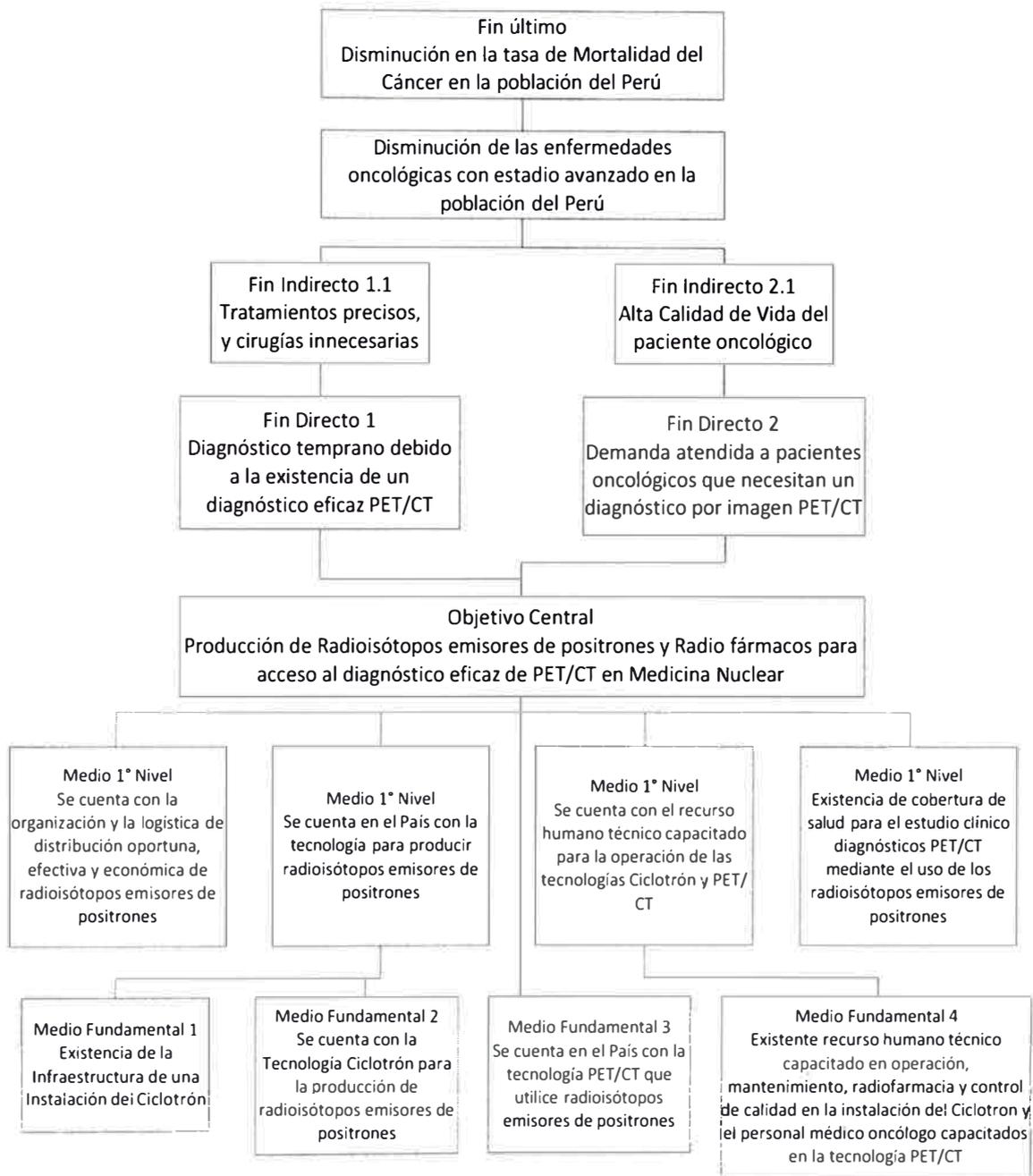


Figura N° 9: Árbol de Medios y Fines

Fuente: Elaboración propia

5.4.5 Alternativa de solución

El IPEN en el marco de sus lineamientos de política y competencia del sector intervendrá en una única alternativa de solución para lograr el objetivo del proyecto siendo los componentes a lograr:

- Se cuenta con la Infraestructura de la Instalación Radiactiva.
- El País cuenta con un ciclotrón para producir radioisótopos emisores de positrones y equipamiento conexos.
- Recurso humano técnico especializado para la radioquímica del Fluor -18 (Radioisótopo emisor de positrones) y personal médico capacitados en el Diagnóstico con la tecnología PET/CT.

A continuación se define las acciones respecto a cada componente. Dichas acciones se muestra en la figura N° 10.

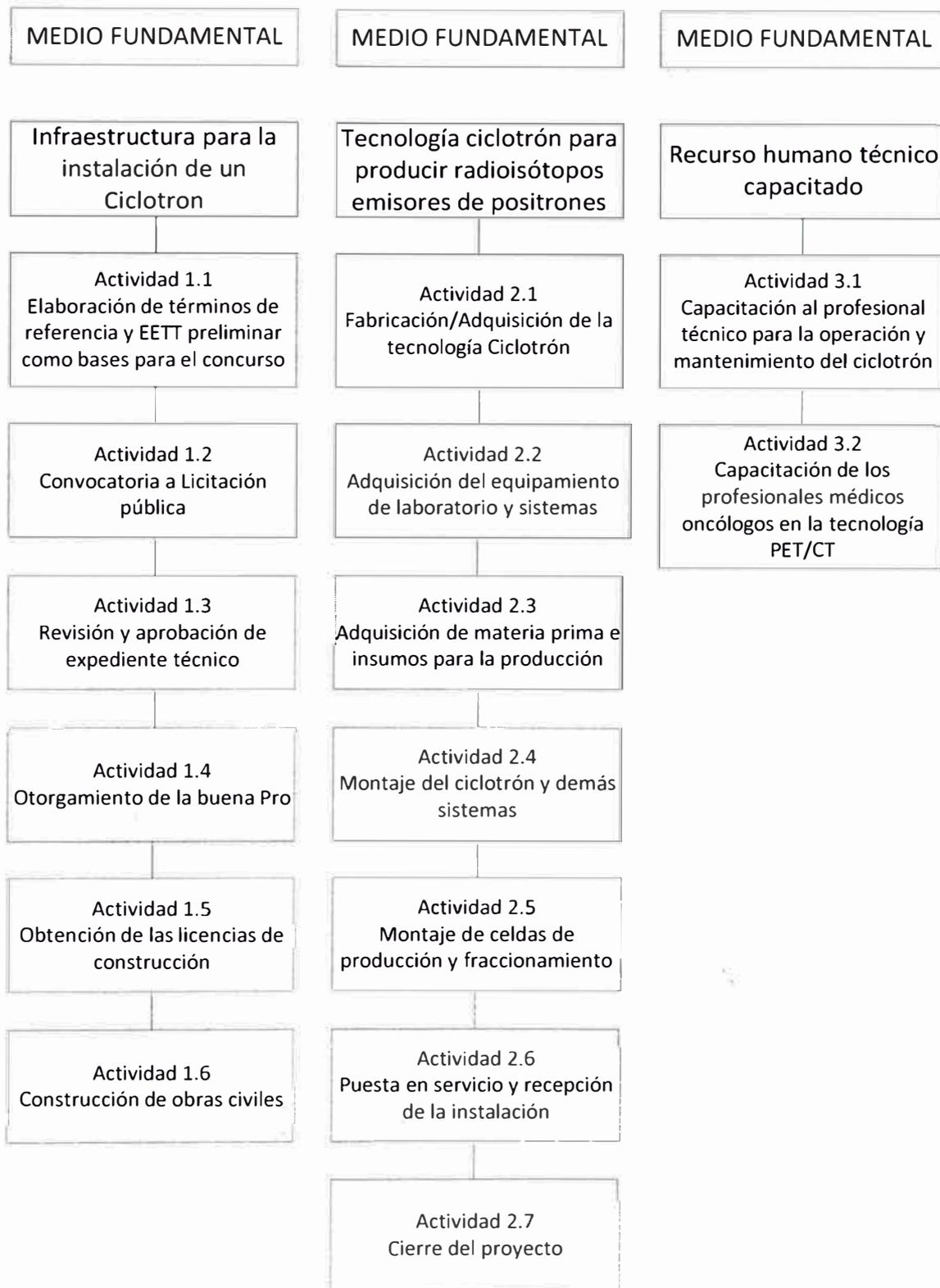


Figura N° 10: Acciones para cada medio fundamental

Fuente: Elaboración propia

5.5 Modulo III: Formulación

Al finalizar este módulo, se llegará a las siguientes acciones:

- Validar con los involucrados las alternativas de solución.
- Establecer el horizonte de evaluación del PIP.
- Estimar y proyectar los servicios demandados por los beneficiarios del PIP.
- Estimar la oferta actual y la oferta optimizada.
- Conocer el tamaño del déficit en la provisión del bien o servicio, que el PIP podría atender.
- Analizar técnicamente las alternativas de solución a fin de optimizar la localización, el tamaño, la tecnología y el momento óptimo de inicio de un PIP, incluyendo evaluación del impacto ambiental de las intervenciones propuestas.
- Establecer el cronograma de actividades para cada una de las alternativas de solución.
- Determinar los costos totales e incrementales de cada una de las alternativas de solución.

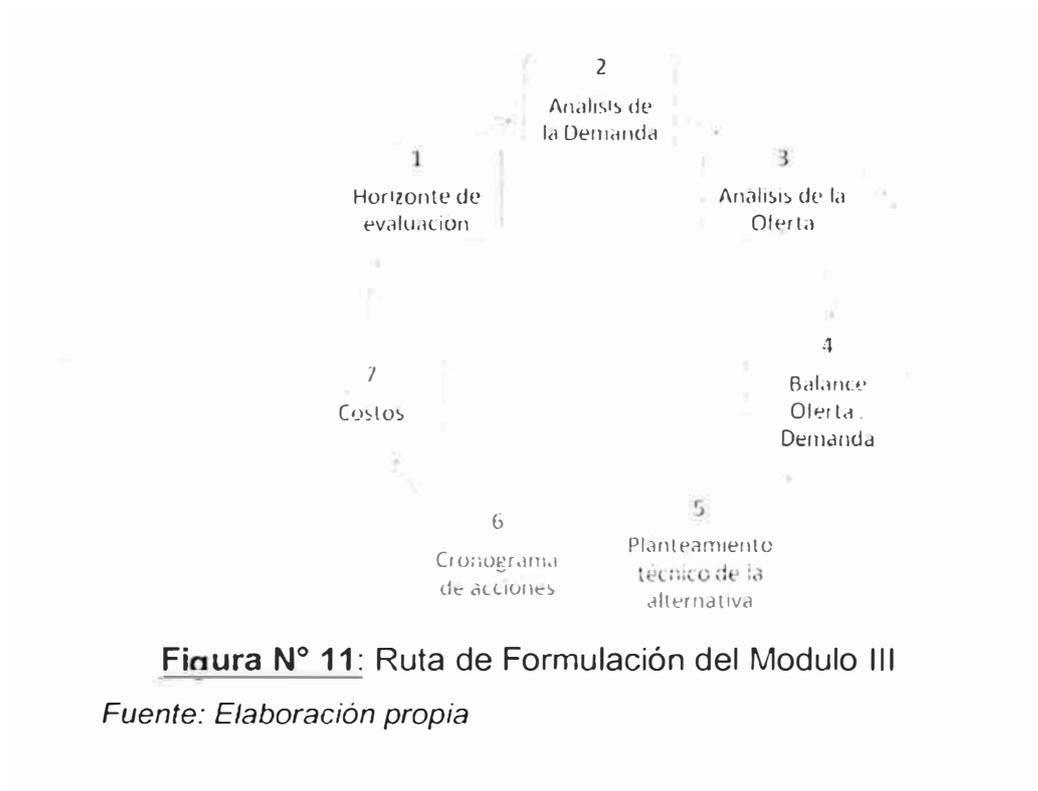


Figura N° 11: Ruta de Formulación del Modulo III

Fuente: Elaboración propia

5.5.1 Horizonte de evaluación

El horizonte de evaluación del presente proyecto se ha definido en 10 años. Considerando como el año cero, la inversión del Proyecto y 10 años de vida útil. (Ver Tabla N° 20)

Fase I: Pre-Inversión

- Estudio de Perfil: 3 meses

Fase II: Inversión

- Etapa I: Estudios de expediente técnico preliminar: 2 meses
- Etapa II: Ejecución del proyecto: 9 meses
- Etapa III: Puesta en servicio y cierre del proyecto: 2 meses

Fase III: Post Inversión: 10 años de vida útil

- Operación y mantenimiento del ciclotrón y producción de ^{18}F -FDG: 10 años.

Tabla N° 20: Horizonte de evaluación

| Meses | Meses | Años |
|---|--|--|
| 03 | 13 | 1 - 10 |
| FASE I: PRE INVERSIÓN Perfil | FASE II: INVERSIÓN Ejecución del Proyecto | FASE III : POST INVERSIÓN Operación y Mantenimiento |

Fuente: Elaboración propia

5.5.2 Análisis de la Demanda

Se determinara la población efectiva del Sector Salud de Lima Metropolitana.

La Población de Referencia

La Población referencial del Proyecto se considera la población a nivel nacional, teniendo en cuenta el último censo de Población y vivienda del 2007 que indica que la población es de 28 220 764 habitantes.

La Población Demandante Potencial

Durante el año 2004 el MINSA ha registrado en sus establecimientos de las diferentes regiones 74 521 atenciones por cáncer, de las cuales 48 386 corresponden a mujeres y 26 135 a varones. Durante el año 2005 el número total de atenciones aumentó a 84 153, siendo 56 350 en mujeres y 30,503 en varones. Es interesante confirmar que en estos mismos periodos el INEN ha registrado un total de 233 595 atenciones por cáncer correspondientes al año 2004 y un total de 237 481 atenciones por cáncer en el año 2005, siendo las mujeres las que mayormente consultan por cáncer.

EsSalud, durante el periodo de 1998 a 2004, ha generado 109 040 consultas por cáncer definitivo.

A continuación en la tabla N°21 se presenta una relación de las instituciones y atenciones de cáncer entre los años 1998 al 2005.

Tabla N° 21: Atenciones por cáncer

| INSTITUCIONES | AÑO | | |
|---------------|---------|---------|-------------|
| | 2004 | 2005 | 1998 - 2004 |
| INEN | 233 595 | 237 481 | |
| MINSA | 74 521 | 84 153 | |
| ESSALUD | | | 109 040 |

Fuente: Elaboración propia

De dicha información se puede observar que una de las fuentes más importantes de registro de cáncer de base poblacional es el registro de cáncer del INEN. Para los fines de la demanda del presente estudio se ha tomado en cuenta la estadística que registra el INEN.

Consideraciones para estimar la demanda

- Siendo el INEN un Instituto que registra mayormente pacientes con enfermedades oncológicas se ha considerado como base para el presente estudio la estadística que registra el INEN.
- Para la demanda del proyecto se ha segmentado la población potencial como la población oncológica que se realiza exámenes de diagnóstico por imagen como una medida del N° de pacientes potenciales que se realizarán un examen PET/CT.
- Se ha considerado como técnicas de diagnóstico por imagen: La tomografía computarizada, la ecografía, la resonancia magnética nuclear y la gamma grafía SPECT, reuniendo con ello la estadística de pacientes oncológicos potenciales para la realización de un examen PET/CT.
- Las técnica del PET tomografía por emisión de positrones permitirá realizar un diagnóstico precoz de la enfermedad, detectar el grado de malignidad del tumor, medir con precisión el grado de avance

del cáncer, planificar el tipo de tratamiento de la enfermedad, controlar la respuesta al plan de tratamiento, decidir la intervención quirúrgica (cirugía) y en la detección de tumores recurrentes en el paciente.

- El producto obtenido por el proyecto, el radiofármaco ^{18}F -FDG, servirá como un insumo para los equipos PET/CT.
- La unidad de medida de venta es el número de dosis del radiofármaco ^{18}F -FDG, que será igual al número de pacientes que demanden la realización del examen PET/CT.
- Para encontrar los valores porcentuales se realizó encuestas a los médicos especialistas oncólogos y nucleares del sector salud

Criterios aplicados para la estimación y proyección de la Demanda

- El cálculo de la tasa de crecimiento anual del número de exámenes de diagnóstico por imagen se realiza aplicando la siguiente fórmula:

$$Tasa\ de\ crecimiento = \sqrt{\frac{P_2}{P_1}} - 1 \dots\dots\dots(1)$$

Donde: P_1 es la población en el año 1,

P_2 es la población en el año 2.

En la tabla N° 22 se presenta los porcentajes de la tasa de crecimiento de exámenes de diagnóstico calculados mediante la relación (1).

Tabla N° 22: Tasa de Crecimiento de Exámenes de Diagnostico

| AÑO ^F | EXAMENES DE DIAGNÓSTICO | TASA DE CRECIMIENTO % |
|------------------|-------------------------|-----------------------|
| 2004 | 32 552 | |
| 2005 | 27 522 | -8,05 |
| 2006 | 36 574 | 15,28 |
| 2007 | 39 415 | 3,81 |
| 2008 | 43 677 | 5,27 |
| Promedio Tasa | | 4,08 |

Fuente: Elaboración Propia

- El cálculo de la demanda de la población potencial y efectiva para todo el horizonte de evaluación del proyecto se realizó con la formula (2):

$$P_n = P_o (1 + i)^n \dots\dots\dots (2)$$

Donde: P_n = Población proyectada

P_o = Población actual

n = año proyectado

i = Porcentaje tasa de crecimiento anual de exámenes de diagnóstico por imagen.

- Los resultados de la encuesta a los médicos, indica que el 26 % de la población de pacientes atendidos en diagnóstico por imagen serán los pacientes potenciales que demandarían realizarse un examen PET/CT, y el 9 % serán los pacientes efectivos que prioritariamente buscarán la atención de un examen PET/CT. (Ver **Anexo 2: Resultado de encuestas N°2 realizadas a los médicos oncólogos**).

Tabla N° 23: Resultado de las encuestas N° 1 y 2 a los médicos

| % Demanda Pacientes Potenciales | % Demanda Pacientes Efectivos | N° pacientes/Día Examen PET/CT | % de Incremento Anual de Demanda PET/CT |
|---------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|---|
| 26 | 9 | 6 | 15 |

Fuente: Elaboración Propia

- Se calcula la demanda proyectada de INEN. En la tabla N° 24 se muestra los resultados de dichos cálculos.

Tabla N° 24: Demanda proyectada INEN

| Año | Exámenes de Diagnóstico por imagen | Pacientes potenciales (26 % de exámenes de diagnóstico) | Pacientes efectivos (9 % de exámenes de diagnóstico) | Pacientes efectivos por día |
|----------|------------------------------------|---|--|-----------------------------|
| 2010 | 47 311 | 12 301 | 4 258 | 17 |
| 2011 | 49 240 | 12 802 | 4 432 | 18 |
| 2012 | 51 247 | 13 324 | 4 612 | 19 |
| 2013 | 53 336 | 13 867 | 4 800 | 19 |
| 2014 | 55 510 | 14 433 | 4 996 | 20 |
| 2015 | 57 773 | 15 021 | 5 200 | 21 |
| 2016 | 60 129 | 15 633 | 5 412 | 22 |
| 2017 | 62 580 | 16 271 | 5 632 | 23 |
| 2018 | 65 131 | 16 934 | 5 862 | 24 |
| 2019 | 67 786 | 17 624 | 6 101 | 25 |
| 2020 | 70 550 | 18 343 | 6 349 | 26 |
| 2021 | 73 426 | 19 091 | 6 608 | 27 |
| 2022 | 76 419 | 19 869 | 6 878 | 28 |
| Promedio | 59 328 | 15 425 | 5 340 | 22 |

Fuente: Elaboración Propia

- Cálculo de la demanda de pacientes potenciales del Sector Salud, Lima. Los resultados se muestran en la tabla N° 25.

Tabla N° 25: Demanda potencial proyectada sector salud – Lima

| Fuentes de Diagnóstico de cáncer | | | | | | | |
|----------------------------------|-----------------------|----------|-------|--------------------------------|---------------|--------|-----------------------------------|
| (De la tabla N° 18 % casos) | 31,60 | 24,60 | 17,10 | 9,50 | 3,90 | | |
| Año | INEN (Tabla N° 24) | ES-SALUD | MINSA | Clínicas/ Inst. Privadas | FFAA y PNP | TOTAL | Pacientes Potenciales / día |
| 2010 | 12 301 | 9 576 | 6 656 | 3 698 | 1 518 | 33 749 | 136 |
| 2011 | 12 802 | 9 966 | 6 928 | 3 849 | 1 580 | 35 125 | 142 |
| 2012 | 13 324 | 10 373 | 7 210 | 4 006 | 1 644 | 36 557 | 147 |
| 2013 | 13 867 | 10 795 | 7 504 | 4 169 | 1 711 | 38 048 | 153 |
| 2014 | 14 433 | 11 236 | 7 840 | 4 339 | 1 781 | 39 599 | 160 |
| 2015 | 15 021 | 11 694 | 8 129 | 4 516 | 1 854 | 41 213 | 166 |
| 2016 | 15 633 | 12 170 | 8 460 | 4 700 | 1 929 | 42 893 | 173 |
| 2017 | 16 271 | 12 667 | 8 805 | 4 892 | 2 008 | 44 642 | 180 |
| 2018 | 16 934 | 13 183 | 9 164 | 5 091 | 2 090 | 46 462 | 187 |
| 2019 | 17 624 | 13 720 | 9 537 | 5 298 | 2 175 | 48 356 | 195 |
| 2020 | 18 343 | 14 280 | 9 926 | 5 515 | 2 264 | 50 327 | 203 |
| Pacientes x año | 15 425 | 12 008 | 8 347 | 4 637 | 1 904 | 42 322 | |

Fuente: Elaboración Propia

- Los resultados del cálculo de la demanda de pacientes efectivos, se muestra en la tabla N° 26.

Tabla N° 26: Demanda efectiva proyectada sector salud – Lima

| Fuentes de Diagnóstico de cáncer | | | | | | | |
|----------------------------------|--------------------|----------|-------|--------------------------|------------|--------|---------------------------|
| (De la tabla N° 18 % casos) | 31,60 | 24,60 | 17,10 | 9,50 | 3,90 | | |
| Año | INEN (tabla N° 24) | ES-SALUD | MINSA | Clínicas/ Inst. Privadas | FFAA y PNP | TOTAL | Pacientes Efectivos / día |
| 2008 | 3931 | 3060 | 2127 | 1182 | 485 | 10785 | 43 |
| 2009 | 4091 | 3185 | 2214 | 1230 | 505 | 11225 | 45 |
| 2010 | 4258 | 3315 | 2304 | 1280 | 526 | 11682 | 47 |
| 2011 | 4432 | 3450 | 2398 | 1332 | 547 | 12159 | 49 |
| 2012 | 4612 | 3591 | 2496 | 1387 | 569 | 12654 | 51 |
| 2013 | 4800 | 3737 | 2598 | 1443 | 592 | 13170 | 53 |
| 2014 | 4996 | 3889 | 2703 | 1502 | 617 | 13707 | 55 |
| 2015 | 5200 | 4048 | 2814 | 1563 | 642 | 14266 | 58 |
| 2016 | 5412 | 4213 | 2928 | 1627 | 668 | 14848 | 60 |
| 2017 | 5632 | 4385 | 3048 | 1693 | 695 | 15453 | 62 |
| 2018 | 5862 | 4563 | 3172 | 1762 | 723 | 16083 | 65 |
| 2019 | 6101 | 4749 | 3301 | 1834 | 753 | 16739 | 67 |
| 2020 | 6349 | 4943 | 3436 | 1909 | 784 | 17421 | 70 |
| Horizonte 10 años | 53395 | 41567 | 28894 | 16052 | 6590 | 146500 | |
| Pacientes x año | 5340 | 4157 | 2889 | 1605 | 659 | 14650 | |
| Pacientes x día | 22 | 17 | 12 | 6 | 3 | 59 | |

Fuente: Elaboración Propia

En la figura N° 12 se esquematiza la población que requiere atención, siendo la población efectiva la demandante del proyecto.

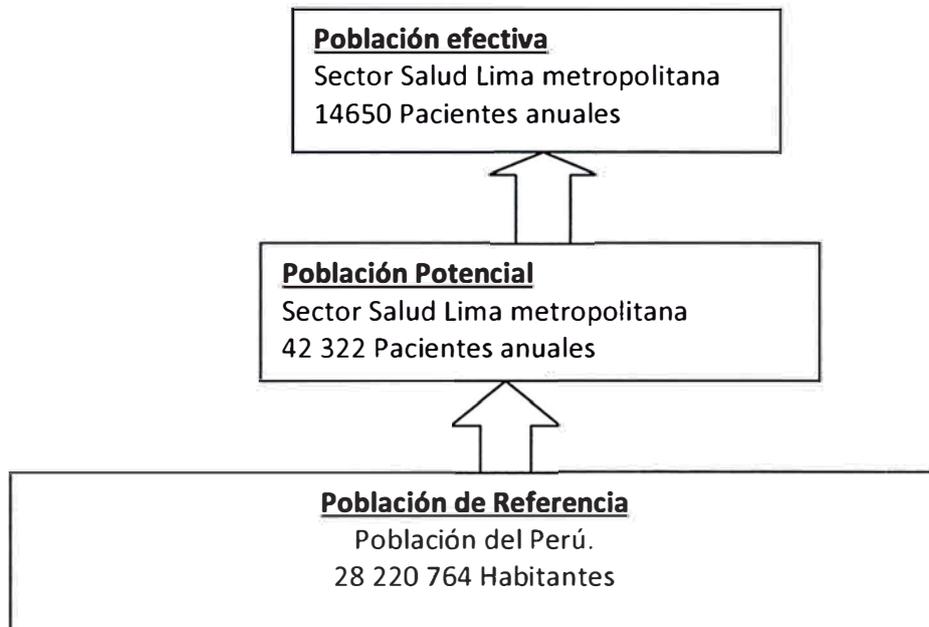


Figura N° 12: Población demandante del Proyecto

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico N° 1 se puede observar la demanda efectiva del sector salud correspondiendo a 14 650 pacientes anuales que demandarían el servicio.

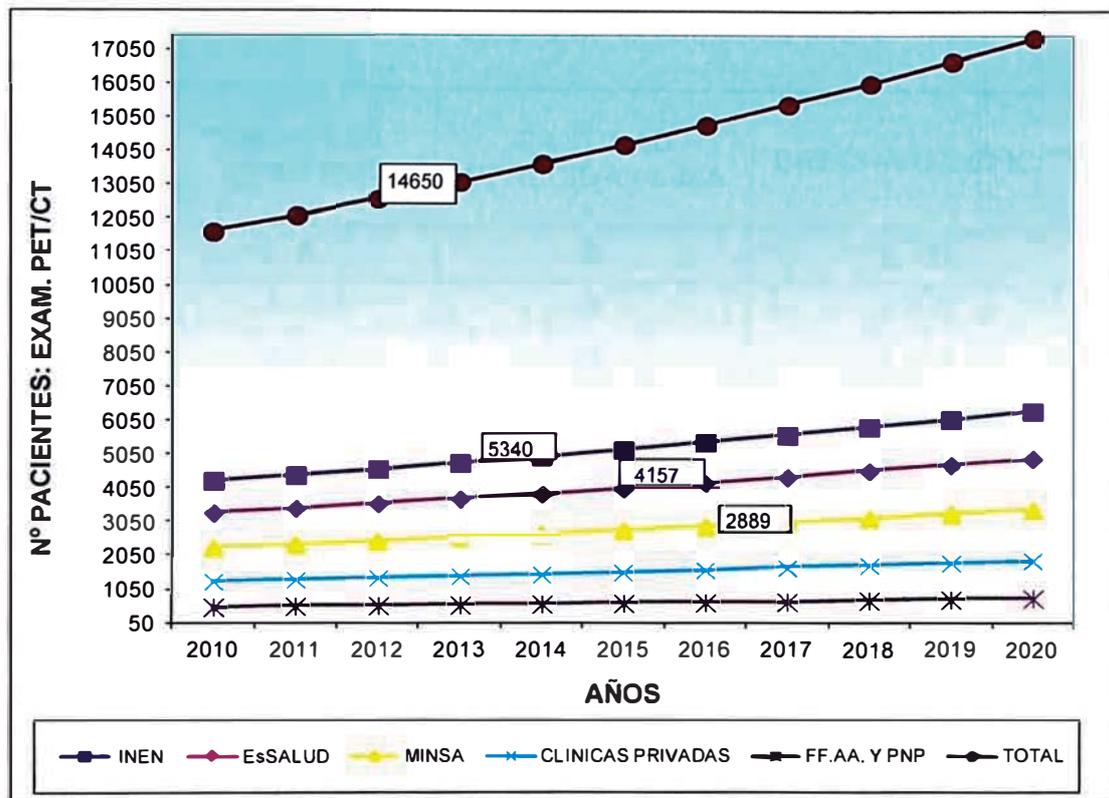


Gráfico N° 1: Demanda efectiva sector salud Lima

Fuente: Elaboración propia

5.5.3 Análisis de la Oferta

Dado que no existe la tecnología Ciclotrón en el País, la oferta actual sin proyecto es cero.

5.5.4 Balance Oferta – Demanda

La brecha de demanda del proyecto es la diferencia entre los servicios demandados con proyecto y los servicios ofrecidos sin proyecto es cero.

En la tabla N° 27 se indica las cifras de la brecha de demanda

Tabla N° 27: Brecha de la demanda INEN

| AÑO | DEMANDA EFECTIVA | CANTIDAD OFRECIDA - LIMA | BRECHA O DEFICIT |
|-------|------------------|--------------------------|------------------|
| | A | B | A - B |
| 2011 | 4 432 | 0 | 4 432 |
| 2012 | 4 612 | 0 | 4 612 |
| 2013 | 4 800 | 0 | 4 800 |
| 2014 | 4 996 | 0 | 4 996 |
| 2015 | 5 200 | 0 | 5 200 |
| 2016 | 5 412 | 0 | 5 412 |
| 2017 | 5 632 | 0 | 5 632 |
| 2018 | 5 862 | 0 | 5 862 |
| 2019 | 6 101 | 0 | 6 101 |
| 2020 | 6 349 | 0 | 6 349 |
| TOTAL | | | 53 395 |

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 28 se muestra la brecha de demanda del sector salud, demanda insatisfecha que requiere ser atendida.

Tabla N° 28: Brecha de Demanda del Sector Salud - Lima

| AÑO | DEMANDA EFECTIVA -SECTOR SALUD LIMA | CANTIDAD OFRECIDA | BRECHA O DEFICIT |
|-------|-------------------------------------|-------------------|------------------|
| | A | B | A - B |
| 2010 | 11 682 | 0 | 11 682 |
| 2011 | 12 159 | 0 | 12 159 |
| 2012 | 12 654 | 0 | 12 654 |
| 2013 | 13 170 | 0 | 13 170 |
| 2014 | 13 707 | 0 | 13 707 |
| 2015 | 14 266 | 0 | 14 266 |
| 2016 | 14 848 | 0 | 14 848 |
| 2017 | 15 453 | 0 | 15 453 |
| 2018 | 16 083 | 0 | 16 083 |
| 2019 | 16 739 | 0 | 16 739 |
| 2020 | 17 421 | 0 | 17 421 |
| TOTAL | | | 14 650 |

Fuente: Elaboración propia

Con esta información relevante el promedio anual de pacientes efectivos del sector salud será de 14 650 pacientes en los próximos 10 años.

Consideraciones para el cubrimiento de la brecha de demanda

- Un PET tendrá una tasa de ocupación diaria máxima de 10 pacientes por día.
- La tasa de ocupación diaria por PET en los primeros 5 años será de 6 pacientes por día, *Ver Anexo A, resultado de las Encuestas a los Médicos Oncólogos*, con la posibilidad de que la tasa aumente hasta 9 pacientes por PET al final del año del horizonte de evaluación.

En el gráfico N° 2 se muestra los resultados de la demanda efectiva por servicio de diagnóstico por imagen donde se observa que la tendencia del servicio es creciente.

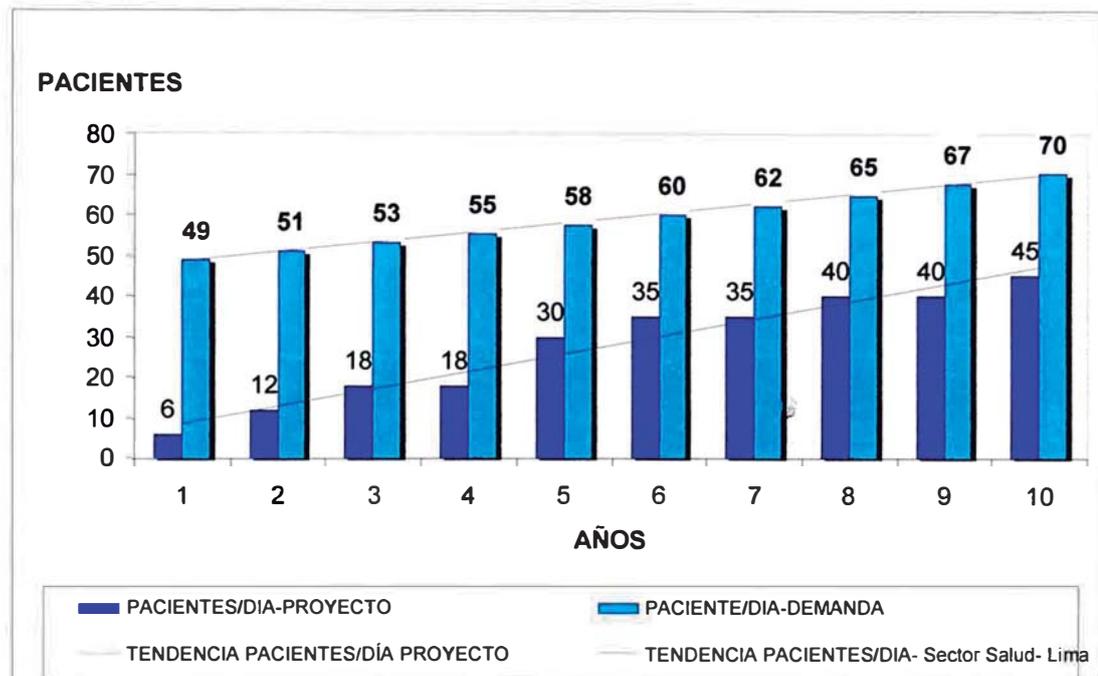


Gráfico N° 2: Diagnóstico por imagen PET/CT

Fuente: Elaboración propia

- La adquisición de equipos PET/CT: según el resultado de las encuestas a las instituciones médicas es el siguiente:
 - Primer año adquiere el Hospital Militar Central un equipo PET/CT
 - Segundo año adquiere el INEN un PET/CT
 - Tercer año adquiere Hospital Cayetano Heredia un equipo PET/CT
 - Quinto año adquiere la Clínica Javier Prado.
 - A partir del quinto al décimo año se tendrán 4 equipos PET/CT en el horizonte de evaluación del proyecto, como se muestra

en el gráfico N° 3. (Ver Anexo 3 resultado de las encuestas a las Instituciones médicas)

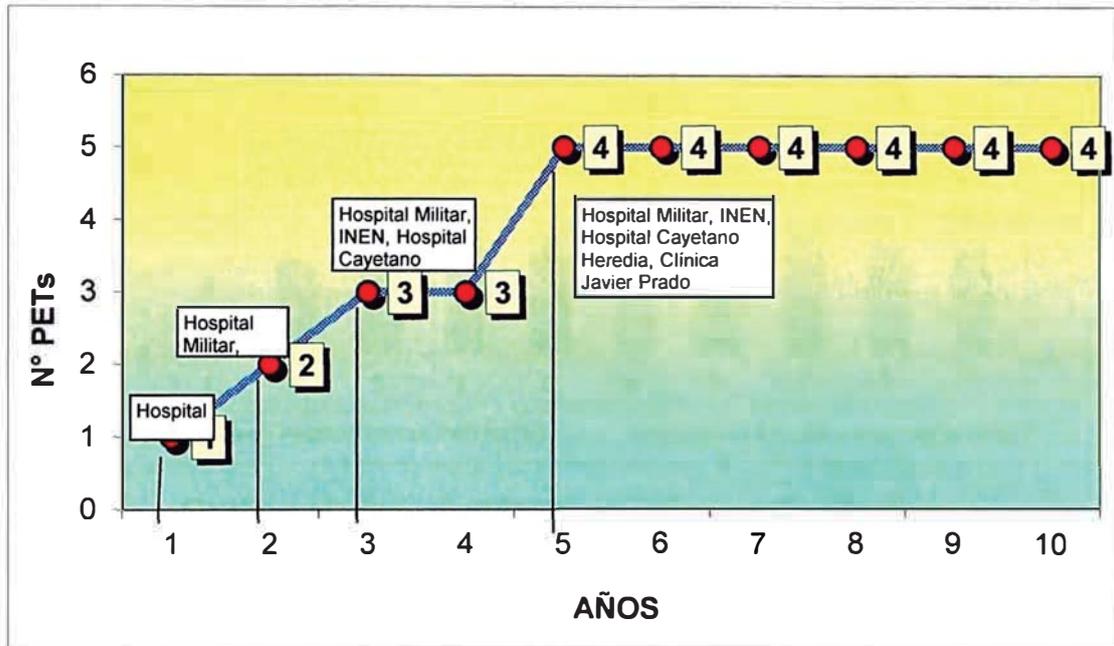


Gráfico N° 3: Estimación de adquisición de PETs

Fuente: Elaboración propia

- Se asumirá que todos los PETs se implementarían en un radio de 30 a 60 minutos del punto de producción.
- En base al número de PETs y la capacidad de usuarios por PET se pronosticarán las ventas de dosis del radiofármaco $^{18}\text{F-FDG}$ que prestará el proyecto en el horizonte de evaluación del proyecto.
- El Proyecto cubrirá un 45 % de la brecha de demanda efectiva del sector salud, como se muestra en el gráfico N° 5.

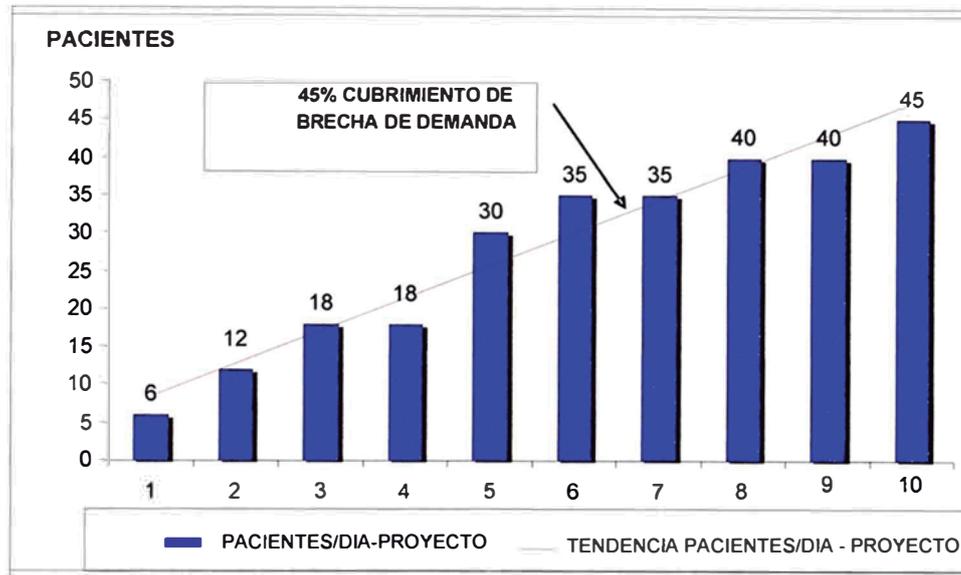


Gráfico N° 4: Cubrimiento de la Demanda Efectiva

5.5.5 Planteamiento técnico de la alternativa

Localización de la Instalación

Desde el punto de vista estratégico, el ciclotrón deberá instalarse en un lugar de fácil acceso a los usuarios con el fin de obtener una óptima, efectiva y económica distribución de los productos finales. Como ocurre en otros países que operan instalaciones similares para la producción de ^{18}F (Vida media: 110 minutos). Se estima que existe un radio económico de distribución de 150-250 Km o su equivalente de 3-4 horas del centro de producción, situación interesante para el ciclotrón de Lima teniendo en cuenta que las ciudades más relevantes del interior se encuentran a 01 hora de vuelo en un avión comercial.

Por lo expuesto la localización que permite dar una mayor cobertura a la población beneficiada se dispuso en la Av. Tomas valle al costado del Hospital Negreiros de Essalud del Callao, donde se dispone de un terreno de 1500 m².

Tamaño del Proyecto

El tamaño del proyecto ciclotrón se ha determinado teniendo en cuenta la demanda generada (brecha Oferta – Demanda), la tecnología existente y la visión de crecimiento a mediano plazo.

El tamaño del proyecto deberá permitir atender una parte del Deficit. Tener en cuenta que esto va relacionado con la implementación gradual de los PET por parte de las Clínicas y Hospitales. De manera que la producción de radioisótopos emisores de positrones tal como la FDG va satisfaciendo gradualmente la demanda que se atenderá.

El tamaño del Proyecto producirá la actividad necesaria en mCi equivalente al número de Dosis de FDG y a la vez equivalente al número de usuarios efectivos que harán uso de un diagnóstico por PET.

Se ha considerado un área aproximada de 576 m², que constará de los siguientes ambientes: Bunker o sala de ciclotrón, laboratorios, salas técnicas (sala de control, maquinas y de gases), salas de apoyo (radioprotección, taller de mantenimiento) y área administrativa (oficinas, áreas de acceso, área de recepción). (*Ver Anexo 4, Plano de Diseño de Planta*).

Tecnología Requerida

La definición de la tecnología a ser considerada dentro del Proyecto esta guiada por el programa de producción inmediato y dentro de un horizonte de aproximadamente 5 años. Para llegar a la definición del programa de producción fueron realizadas consultas que realizó un asesor con los médicos locales, que identificaron que el sector oncológico sería el primer beneficiario e interesado en la utilización de radioisótopos emisores de positrones tal como la FDG.

La tecnología de producción de radioisótopos emisores de positrones requiere de un ciclotrón con sus sistemas de operación, control y diagnóstico para su correcto funcionamiento, tipo, energía y corriente de haces necesarios para sostener un programa amplio de producción de radioisótopos y radiofármacos PET; blancos de irradiación; celda de procesamiento y fraccionamiento incluyendo módulos de síntesis y sistema de dispensado que cumplan con los requerimientos de Buenas Prácticas de Manufactura y equipamiento para producción, control de calidad y protección radiológica.

Ciclotrón

Las características técnicas del ciclotrón IPEN contará con la capacidad para atender la producción de ^{18}F -FDG y los programas de Desarrollo e Investigación.

El ciclotrón IPEN debe ser compacto con alto grado de automatización, capaz de acelerar iones negativos de protones (H-) con energías de 10 a 18 MeV y deuterones (D-) con energías de 5 y 9 MeV, intensidad del haz extraído entre 50 y 100 μA , que garanticen una producción mayor a 7Ci para 2 horas de irradiación, usando un blanco de agua enriquecida. El ciclotrón debe tener capacidad de irradiación simultánea de múltiples blancos controlado desde una consola o en forma automática por el software.

El ciclotrón será instalado en un 'bunker' o recinto con blindaje adecuado y no será del tipo auto-blindado.

Ver Anexo 5 "Requerimiento de Tecnología y Especificaciones técnicas de equipos".

Capacidad de Producción

La mayoría de los ciclotrones comerciales existentes en el mercado aceleran protones de 10-18 MeV y pueden producir fácilmente de 7 a 14 Ci de Fluor 18 utilizando una sola posición de irradiación.

Si se considera un escenario conservador que requiere producir 7 Ci de $^{18}\text{F}^-$ y a partir de ese dato, se calculará la máxima capacidad de aprovechamiento o utilización del radiofármaco manufacturado. Para este propósito es necesario tener presente los siguientes parámetros:

- Período de semidesintegración del $^{18}\text{F}^-$: 110 minutos
- Tiempo que dura el proceso de síntesis: 35 minutos
- Rendimiento del proceso de síntesis: 60%
- Tiempo que dura el fraccionamiento completo de un lote, empaque y acondicionamiento del Radiofármaco en su blindaje: 20 minutos
- Tiempo que dura el transporte al servicio de medicina nuclear, donde se encuentra el PET A: 15 minutos
- Tiempo que transcurre desde que el material ha salido del centro de producción hasta el instante que se le inyecta al paciente: 20 minutos (15 minutos para transportar el producto y 05 minutos para preparar al paciente)
- Tiempo que dura un examen completo para permitir el posicionamiento del siguiente paciente bajo el PET para una adquisición dinámica de imágenes: 60 minutos
- Tiempo que transcurre desde que cesa la reacción nuclear para la producción del F18 hasta que el momento en que se le inyecta el radiofármaco al primer paciente: 75 minutos

Normalmente en la producción de la ^{18}F -FDG, es usual que los controles de calidad se efectúen mientras se fraccione y se transporte el producto;

motivo por el cual el centro productor distribuye la ^{18}F -FDG con la advertencia de "no usarse en caso que algún control arroja un resultado negativo"; situación que de producirse se concreta por un medio telefónico.

De acuerdo a las premisas anteriores y a la ecuación de decaimiento de un radioisótopo:

$$A_t = A_0 e^{-\lambda t} \dots\dots\dots (1)$$

Donde:

A_t = Actividad en el tiempo t

A_0 = Actividad inicial en el tiempo t_0

λ = Constante de semidesintegración del ^{18}F ($\lambda = 0.693/T_{1/2}$)

t = tiempo transcurrido desde que se determina la actividad inicial hasta el momento de la medición.

$T_{1/2}$ = Periodo de semidesintegración del ^{18}F = 109 minutos
y reemplazando valores en la referida ecuación

$$A_t = 7(0.60) e^{-0.693 \times 35/109} \dots\dots\dots(2)$$

Se tiene que la actividad de ^{18}F -FDG esperada en el módulo de síntesis es:

$$A_t = 3,362 \text{ Ci; o bien } 3\,360 \text{ mCi}$$

Como puede observarse en la tabla N° 29 existe una capacidad máxima razonable de exámenes que se pueden llevar a cabo, cuya limitación es el tiempo que dura la prueba y el periodo de semidesintegración del radiofármaco o vida media. De manera que la producción de ^{18}F -FDG para atender al PET 1 durante los primeros años está garantizada; quedando una actividad remanente interesante del producto.

Tabla N° 29: Fraccionamiento De La Actividad Obtenida

| Actividad Obtenida (mCi) | Actividad Inyectada (mCi) | Actividad disponible para despacho (mCi) | PET 1 | Tiempo post-inyección (minutos) | Hora de inyección | Actividad precalibrada (mCi) |
|-----------------------------------|---------------------------|--|-------------|---------------------------------|-------------------|------------------------------|
| 3360 | 10 | 2960 | Paciente 1 | 20 | 0h-20 min | 11 |
| | | | Paciente 2 | 80 | 01h-20 min | 17 |
| | | | Paciente 3 | 140 | 02h-20 min | 24 |
| | | | Paciente 4 | 200 | 03h-20 min | 36 |
| | | | Paciente 5 | 260 | 04h-20 min | 52 |
| | | | Paciente 6 | 320 | 05h-20 min | 76 |
| | | | Paciente 7 | 380 | 06h-20 min | 112 |
| | | | Paciente 8 | 440 | 07h-20 min | 164 |
| | | | Paciente 9 | 500 | 08h-20 min | 240 |
| | | | Paciente 10 | 560 | 09h-20 min | 352 |
| Actividad despachada PET 1 | | | | | | 1085 |
| Actividad residual | | | | | | 1875 |

Desde luego que para el uso óptimo del producto, que beneficie al centro productor, al usuario y al paciente; deberá existir una coordinación muy precisa entre el personal encargado de la preparación del radiofármaco, personal a cargo del transporte y el encargado de la administración de las dosis y la adquisición de las imágenes. Por lo tanto, se deben programar cuidadosamente las exploraciones que se lleven a cabo, lo que en definitiva afectará a la programación de la producción en el ciclotrón.

Si toda esta coordinación se lleva a cabo de acuerdo a lo previsto; se dispone de una actividad remanente de 1 875 mCi de ^{18}F -FDG; que se fraccionará para distribuirse a un segundo PET, que se designará como PET 2. Se supone que el tiempo que transcurre desde que el material ha salido del centro de producción hasta el instante que se le inyecta al paciente es de 45 minutos. Por lo tanto las actividades que se tienen que precalibrar para este segundo usuario se muestra en la tabla N° 30.

Tabla N° 30: Actividad disponible para el PET 2

| Actividad Obtenida (mCi) | Actividad Inyectada (mCi) | Actividad disponible para despacho (mCi) | PET 2 | Tiempo post-inyección | Hora de inyección | Actividad precalibrada (mCi) |
|--------------------------|---------------------------|--|-----------------------------------|-----------------------|-------------------|------------------------------|
| 3360 | 10 | 1875 | Paciente 1 | 45 | 0h-45 min | 13 |
| | | | Paciente 2 | 105 | 01h-45 min | 19 |
| | | | Paciente 3 | 165 | 02h-45 min | 29 |
| | | | Paciente 4 | 225 | 03h-45 min | 42 |
| | | | Paciente 5 | 285 | 04h-45 min | 61 |
| | | | Paciente 6 | 345 | 05h-45 min | 90 |
| | | | Paciente 7 | 405 | 06h-45 min | 131 |
| | | | Paciente 8 | 465 | 07h-45 min | 192 |
| | | | Paciente 9 | 525 | 08h-45 min | 282 |
| | | | Paciente 10 | 585 | 09h-45 min | 412 |
| | | | Actividad despachada PET 2 | | | 1272 |
| | | | Actividad residual | | | 603 |

Donde puede apreciarse que existe un remanente final del lote de producción equivalente a 603 mCi para atender algunas emergencias.

Blancos de Irradiación, Celda de producción / fraccionamiento y módulos de síntesis

El programa de Producción, considerarán en una primera instancia las tecnologías de blancos de Irradiación para el ^{18}F -, celdas y módulos de síntesis para una producción eficiente de FDG. Se identificó el equipamiento mínimo necesario para encarar la producción. *Ver Anexo 5, Requerimiento de Tecnología y Especificaciones técnicas de equipo.*

Control de Calidad

El equipamiento dedicado al control de calidad será también el mínimo necesario para un efectivo control de calidad de la FDG a ser producida y

distribuida a los usuarios. En este aspecto, es importante resaltar la experiencia con la que ya cuenta el IPEN en su planta de producción de radioisótopos de reactor nuclear de investigación en Huarangal.

Monitoreo Ambiental de las radiaciones y seguridad radiológica

La Instalación deberá contar con la instrumentación apropiada de monitoreo y medición de la radiactividad en todas las áreas controladas como también en los accesos de las zonas calientes. Se identificó una lista mínima de la Instrumentación necesaria. (Ver anexo 5).

Recursos Humanos

La ejecución exitosa y segura operación de la instalación dependerá de la existencia de un plantel de profesionales que cuente con un alto grado de formación y capacitación. Se concluye que para estas 2 etapas se requerirá como mínimo 6 profesionales distribuidos como se indica en la tabla N° 31.

Tabla N° 31: Plana de Profesionales

| RR. HH /Año | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Ejecución de Obra | | | | | | | | | | | |
| Jefe de Ingeniería de Proyectos | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Asistente de Proyectos | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Supervisor de Obras | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Producción y Control: | | | | | | | | | | | |
| Ing. Electrónico | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Radiofarmacia: | | | | | | | | | | | |
| Químico Orgánico | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Químico o Ing. Químico | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Control de Calidad: | | | | | | | | | | | |
| Químico Farmacéutico o Ing. Químico | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Mantenimiento: | | | | | | | | | | | |
| Ing. Electromecánico | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Seguridad Radiológica | | | | | | | | | | | |
| Técnico electrónico | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| TOTAL | 3 | 6 |

5.5.6 Cronograma de Actividades

Las actividades a desarrollar para lograr los objetivos propuestos para el Proyecto son:

1. Elaboración del Expediente Técnico
2. Construcción de la Infraestructura para la Instalación del Ciclotrón
3. Adquisición de la Tecnología Ciclotrón
4. Adquisición del Equipamiento para la funcionalidad de la Instalación
5. Montaje del Ciclotrón y demás sistemas

6. Puesta en Servicio y recepción de la Instalación

7. Cierre del proyecto

En la tabla N° 32 se detalla el cronograma de actividades para la ejecución.

5.5.7 Costos

Se ha considerado como costos todos aquellos insumos, bienes o recursos necesarios para ejecutar el proyecto y poner en operación la alternativa planteada con el fin de lograr el objetivo del Proyecto.

La evaluación económica considera la rentabilidad o beneficio neto generado por el proyecto. En la figura N° 13 se presenta un esquema de los costos y beneficios a evaluar.

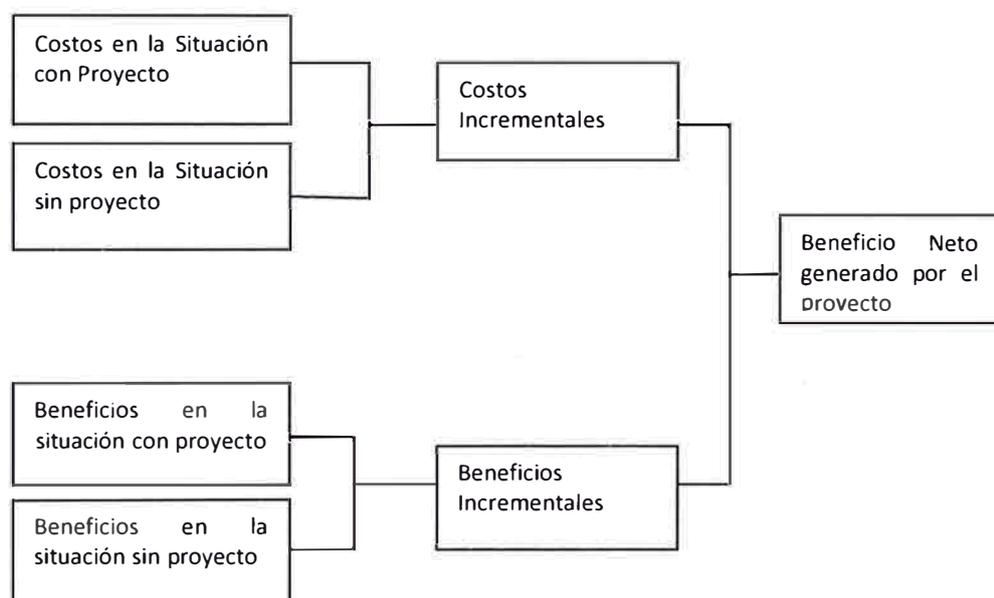


Figura N° 13: Costos y Beneficios

Fuente: Elaboración propia

ANÁLISIS DE COSTOS A PRECIOS PRIVADOS

A.- Costos en la Situación sin Proyecto

Los costos en la situación “sin proyecto”, se considera cero, actualmente no se produce los radioisótopos emisores de positrones por la tecnología ciclotrón.

B.-Costos en la Situación con Proyecto

Se considera en este rubro los costos de Inversión, Costos de Operación y Costos de Mantenimiento.

B.1 Costos de inversión

Son los costos de los equipos, materiales, estudios definitivos y de expedientes técnicos, montaje y transporte, Infraestructura, mano de obra y gastos imprevistos. Se presenta un resumen de los costos en la tabla N° 33 y N° 34.

B.2 Costos de operación

Son los costos fijos y los costos variables de producción.

Costos fijos

Los costos fijos en la situación con proyecto, se ha considerado remuneraciones, energía eléctrica, gastos de distribución, teléfono, agua, licencias, etc, como se muestra en las tablas N° 35, 36(1), 37(2) y 38(3).

Tabla N° 33: Costos de Inversión

| ACTIVIDADES | | ACCIONES | COSTOS CON IMPUESTO SI. |
|-------------|--|---|-------------------------|
| 0 | ESTUDIO DE FACTIBILIDAD | Estudio de Factibilidad | 24 000,00 |
| 1.1 | EXPEDIENTE TÉCNICO | Elaboración de Bases para expediente técnico | 0,00 |
| | | Elaboración del expediente técnico | 549 780,00 |
| | | Aprobación del expediente técnico | 0,00 |
| 1.2 | OBRAS CIVILES | Elaboración de Bases LPI | 0,00 |
| | | Obtención de Licencias construcción y funcionamiento | 1 000,00 |
| | | Construcción de obras civiles | 2 623 950,00 |
| 1.3 | CICLOTRÓN | Adquisición del Ciclotrón | 7 332 780,00 |
| 1.4 | EQUIPAMIENTO | Puerta Blindada de acceso al Bunker | 339 150,00 |
| | | Adquisición de Equipos de Producción | 2 963 100,00 |
| | | Adquisición de Equipos de Servicios | 158 355,00 |
| | | Adquisición de Equipos de Control de Calidad | 827 936,00 |
| | | Adquisición de Equipos de Seguridad Radiológica | 236 334,00 |
| 1.5 | CAPITAL DE TRABAJO | Adquisición de Materia prima, insumos, reactivos. | 179 382,25 |
| 1.6 | MONTAJE | Montaje del Ciclotrón | 146 655,60 |
| | | Montaje de Mód. de síntesis, Celdas calientes, de fraccionamiento | |
| | | Montaje del sistema de ventilación | |
| 1.7 | PUESTA EN SERVICIO | Puesta en Marcha del Ciclotrón y demás equipos | 145 727,40 |
| | | Aprobación del Protocolo de operación de los equipos | |
| | | Prueba de los suministros: gases, agua refrigerada, sistema de ventilación. | |
| | | Prueba de Irradiación en frio | |
| | | Aprobación de las BPM | |
| 1.8 | CIERRE DEL PROYECTO | Informe de Cierre del Proyecto | 0,00 |
| 2.1 | CAPACITACIÓN | Programa de capacitación personal de operación y mto. | 0,00 |
| 2.2 | CAPACITACIÓN | Programa de capacitación al personal médico | 0,00 |
| 3 | RECURSO HUMANO | Personal para la Gestión del proyecto | 204 000,00 |
| A | COSTO DE INVERSIÓN | | 15 732 150,25 |
| B | ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO | 10% del monto de inversión del proyecto. | 1 573 215,03 |
| C | COSTO TOTAL DE INVERSIÓN DEL PROYECTO | | 17 305 365,28 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°34: Costos incrementales

| A precios privados | Nuevos soles |
|---|----------------------|
| ACTIVIDAD | AÑO 0 (S/.) |
| A) COSTOS DE INVERSIÓN | 15 732 150,25 |
| 0.0 Estudio de Pre inversión | 24 000,00 |
| 1.1 Expediente técnico | 549 780,00 |
| 1.2 Obras Civiles | 2 624 950,00 |
| 1.3 Ciclotrón | 7 332 780,00 |
| 1.4 Equipamiento | 4 524 875,00 |
| 1.5 Capital de Trabajo | 179 382,25 |
| 1.6 Montaje | 146 655,60 |
| 1.7 Puesta en servicio | 145 727,40 |
| 2.1 Capacitación personal técnico del Ciclotrón | 0,00 |
| 2.2 Capacitación personal médico | 0,00 |
| 3.0 Recurso Humano | 204 000,00 |
| B) Administración del Proyecto 10% Ctos. Dir. | 1 573 215,03 |
| C) COSTO TOTAL DE INVERSIÓN CON PROYECTO (A+B) | 17 305 365,28 |
| D) COSTOS DE OPERACIÓN Y MTO. SIN PROYECTO | 0,00 |
| E) TOTAL COSTOS INCREMENTALES (C - D) | 17 305 365,28 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 35: Costos Fijos

| COSTO FIJO (a) | | | | | | | | | | |
|-------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| AÑO | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| REMUNERACIONES (1) | 270 000 | 270 000 | 270 000 | 270 000 | 270 000 | 270 000 | 270 000 | 270 000 | 270 000 | 270 000 |
| SERVICIOS (2) | 52 740 | 52 740 | 52 740 | 52 740 | 52 740 | 52 740 | 52 740 | 52 740 | 52 740 | 52 740 |
| DISTRIBUCIÓN (3) | 37 926 | 37 926 | 37 926 | 37 926 | 37 926 | 37 926 | 37 926 | 37 926 | 37 926 | 37 926 |
| COSTO FIJO ANUAL | 360 666 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 36 (1): Cuadro de Remuneraciones

| RECURSOS HUMANOS | Unid. | Área | Mes | Anual (S/.) |
|-------------------------------------|--------------|-----------------------|------------|--------------------|
| Ing. Electrónico | 1 | Operación y Mto. | 4 000,00 | 48 000,00 |
| Ing. Electromecánico | 1 | Operación y Mto. | 4 000,00 | 48 000,00 |
| Químico Orgánico | 1 | Producción | 4 000,00 | 48 000,00 |
| Químico ó Ing. Químico | 1 | Producción | 4 000,00 | 48 000,00 |
| Químico Farmacéutico o Ing. Químico | 1 | Control de Calidad | 4 000,00 | 48 000,00 |
| Técnico Electrónico | 1 | Seguridad Radiológica | 2 500,00 | 30 000,00 |
| TOTAL | 6 | | | 270 000.00 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 37 (2): Cuadro de costo de servicios

| Suministro | Unidad de Medida | Costo (Soles) | |
|------------------------|------------------|---------------|------------------|
| | | Mes | Anual |
| Luz | kw-h | 3 000,00 | 36 000,00 |
| Agua | m ³ | 500,00 | 6 000,00 |
| Teléfono | hrs | 250,00 | 3 000,00 |
| Arbitrios | unidad | 500,00 | 6 700,00 |
| Licencias de operación | S/. | | 770,00 |
| Licencia de personal | S/. | | 70,00 |
| Licencia municipal | S/. | | 200,00 |
| TOTAL | | | 52 740,00 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 38 (3): Cuadro de gasto de distribución

| Servicios | Unidad de Medida | Gasto (Soles) | |
|------------------------------|------------------|---------------|------------------|
| | | Mes | Anual |
| Combustible Diesel Camioneta | gal | 75 | 12 726,00 |
| Chofer | S/. | 1 500 | 18 000,00 |
| Mantenimiento vehículo | S/. | 200 | 2 400,00 |
| Publicidad | S/. | 400 | 4 800,00 |
| TOTAL | | | 37 926,00 |

Fuente: Elaboración propia

Costos Variables

Los costos variables de producción en la situación con proyecto está en función del lote de producción. Por cada lote de producción se consume un kit o Cassette químico. Se presenta un resumen del costo de materia prima por lote de producción en la tabla N° 39.

El costo de operación anual es la suma del costo fijo y el costo variable de producción, como se muestra en la tabla N° 40.

B.3 Costos de mantenimiento

Son los costos referidos a materiales, repuestos de equipamiento y a los costos preventivos y correctivos, como se indica en la tabla N° 41.

En la tabla N° 42 se detalla los flujos de egresos totales, los costos de operación y mantenimiento.

Tabla N° 39: Costo de lote de Producción (Nuevos Soles)

| OPERACIÓN DEL CICLOTRÓN | Unidad de Medida | Unidad de Producción | Unidades que se requiere: Insumo/Lote | Precio unitario US \$ | Costo unitario CON IMPUESTO Soles | Costo x Lote de Prod. S/. | |
|---|------------------|----------------------------------|--|-----------------------|-----------------------------------|---------------------------|--|
| Fuente de iones (protones) hidrogeno de alta pureza 99.99997% | L | 1 LOTE DE IRRADIACIÓN 2 horas | 0,6 | 0,06 | 0,12852 | 596,54 | |
| PRODUCCIÓN 18F | | | | | | | |
| Agua enriquecida al 95% en 18O, | g | | 0,8 | 25,00 | 71,4 | | |
| Helio (expulsión del 18F al modulo) He (>99.99%) | m ³ | | 0,01 | 60,00 | 2,142 | | |
| PRODUCCIÓN 18F-FDG | | | | | | | |
| Nitrógeno Líquido | m ³ | | 0,005 | 12 | 0,2142 | | |
| Kit de Modulo de Síntesis: Cassete descartable con reactivos para producir un Lote de FDG - F18 | Cassete | | 1 | 125,00 | 446,25 | | |
| Nitrógeno Líquido (Refrigerante) | m ³ | | 0,0040 | 12,00 | 0,06 | | |
| Nitrógeno gaseoso (limpieza en módulos) | m ³ | | 0,01 | 4,10 | 0,041 | | |
| Argón (limpieza de tuberías) | m ³ | | 0,01 | 14,00 | 0,14 | | |
| CONTROL DE CALIDAD | | | | | | | |
| Control positivo y LAL (1 vez por semana) | Tubo | | 2 | 7.50 | 10,71 | | |
| Solventes y reactivos químicos | Unidad | | Unidad | 16,13 | 57,58 | | |
| Agua bidestilada | Ampollas 20 mL | | 1 | 2,00 | 7,14 | | |
| DISTRIBUCIÓN | | | | | | | |
| Vial | millar | | 1 | | 0,336 | | |
| Tapones de jebes | millar | | 1 | | 0,229 | | |
| Precintos de Aluminio | millar | 1 | | 0,175 | | | |

TOTAL COSTO DE MATERIA PRIMA / LOTE

596,54

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 40: Costos de Operación (Nuevos Soles)

| AÑOS | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|--|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| N° lote irrad / día | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Costo variable de producción: lote / día | 596,54 | 596,54 | 596,54 | 596,54 | 596,54 | 596,54 | 596,54 | 596,54 | 596,54 | 596,54 |
| Costo variable de producción (S/.): lote / año | 147 942,90 | 147 942,90 | 147 942,90 | 147 942,90 | 295 885,80 | 295 885,80 | 295 885,80 | 295 885,80 | 295 885,80 | 295 885,80 |
| Costo fijo anual (S/.) | 360 666,00 | 360 666,00 | 360 666,00 | 360 666,00 | 360 666,00 | 360 666,00 | 360 666,00 | 360 666,00 | 360 666,00 | 360 666,00 |
| Costo de operación / año | 508 608,90 | 508 608,90 | 508 608,90 | 508 608,90 | 508 608,90 | 656 551,80 | 656 551,80 | 656 551,80 | 656 551,80 | 656 551,80 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 41: Costo de mantenimiento (Nuevos Soles)

| AÑO | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|--|---------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Repuestos del ciclotrón, blancos, módulos celdas | Periodo de garantía de 1,5 años | 100 000,00 | 100 000,00 | 100 000,00 | 100 000,00 | 100 000,00 | 100 000,00 | 100 000,00 | 100 000,00 | 100 000,00 |
| Mantenimiento | 0.00 | 109 991,70 | 219 983,40 | 219 983,40 | 219 983,40 | 219 983,40 | 219 983,40 | 219 983,40 | 219 983,40 | 219 983,40 |
| Costo de mantenimiento | 0.00 | 209 991,70 | 319 983,40 | 319 983,40 | 319 983,40 | 319 983,40 | 319 983,40 | 319 983,40 | 319 983,40 | 319 983,40 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 42: Costos de Operación y Mantenimiento (Nuevos soles)

| AÑO | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|------------------------------------|------------|------------|------------|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Costo de operación y mantenimiento | 508 608,90 | 718 600,60 | 828 592,30 | 828 592,30 | 976 535,20 | 976 535,20 | 976 535,20 | 976 535,20 | 976 535,20 | 976 535,20 |
| Gastos generales (6%) | 30 516,53 | 43 116,04 | 49 715,54 | 49 715,54 | 58 592,11 | 58 592,11 | 58 592,11 | 58 592,11 | 58 592,11 | 58 592,11 |
| Egresos totales | 539 125,43 | 761 716,63 | 878 307,84 | 878 307,84 | 1 035 127,31 | 1 035 127,31 | 1 035 127,31 | 1 035 127,31 | 1 035 127,31 | 1 035 127,31 |

Fuente: Elaboración propia

C.- Costos incrementales

Se calculan comparando los costos de la situación con proyecto y de la situación sin proyecto, como se muestra en la figura N° 14.

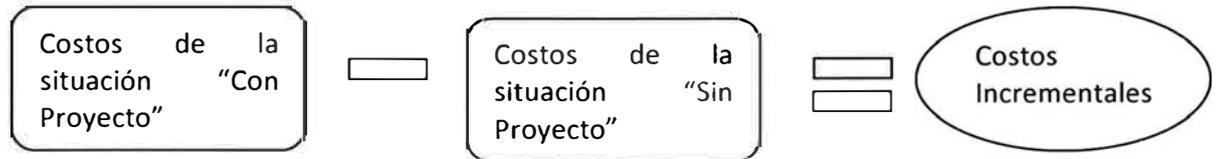


Figura N° 14: Definición de Costos incrementales

Fuente: Elaboración propia

Flujo de costos incrementales para la alternativa de solución

El flujo de costos incrementales permite ver la distribución de los costos en el horizonte de evaluación, correspondiente a la fase de inversión, y post inversión.

En la tabla N° 43 se muestra el flujo de costos incrementales en el tiempo de vida útil del proyecto.

| | | | | | | | | | | | |
|---|---------------|------------|------------|------------|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| D) EGRESOS TOTALES | 0,00 | 539 125,43 | 761 716,63 | 878 307,84 | 878 307,84 | 1 035 127,31 | 1 035 127,31 | 1 035 127,31 | 1 035 127,31 | 1 035 127,31 | 1 035 127,31 |
| Costo de Materia Prima e Insumos | 0,00 | 147 942,90 | 147 942,90 | 147 942,90 | 147 942,90 | 295 885,80 | 295 885,80 | 295 885,80 | 295 885,80 | 295 885,80 | 295 885,80 |
| Remuneraciones Recursos Humanos | 0,00 | 270 000,00 | 270 000,00 | 270 000,00 | 270 000,00 | 270 000,00 | 270 000,00 | 270 000,00 | 270 000,00 | 270 000,00 | 270 000,00 |
| Servicios | 0,00 | 52 740 | 52 740 | 52 740 | 52 740 | 52 740 | 52 740 | 52 740 | 52 740 | 52 740 | 52 740 |
| Distribución | 0,00 | 37 926 | 37 926 | 37 926 | 37 926 | 37 926 | 37 926 | 37 926 | 37 926 | 37 926 | 37 926 |
| Costo de Mantenimiento | 0,00 | 209 991,70 | 319 983,40 | 319 983,40 | 319 983,40 | 319 983,40 | 319 983,40 | 319 983,40 | 319 983,40 | 319 983,40 | 319 983,40 |
| Sub Total de Costos de Oper. Y Mto. Con Proy. | 0,00 | 508 608,90 | 718 600,60 | 828 592,30 | 828 592,30 | 976 535,20 | 976 535,20 | 976 535,20 | 976 535,20 | 976 535,20 | 976 535,20 |
| Gastos Generales 6% | | 30 516,53 | 43 116,04 | 49 715,54 | 49 715,54 | 58 592,11 | 58 592,11 | 58 592,11 | 58 592,11 | 58 592,11 | 58 592,11 |
| E) COSTOS DE OPERACIÓN Y MTO. SIN PROYECTO | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| TOTAL COSTOS INCREMENTALES (C-D-E) | 17 305 365,28 | 539 125,43 | 761 716,63 | 878 307,84 | 878 307,84 | 1 035 127,31 | 1 035 127,31 | 1 035 127,31 | 1 035 127,31 | 1 035 12,31 | 1 035 127,31 |

Fuente: Elaboración propia

5.5.8 Beneficios

El Beneficio para el proyecto será los Ingresos de la venta del número de dosis es decir número de Exámenes PET realizado anualmente.

Se establecerán las tarifas diferenciadas considerando tres tipos de precios:.

- Precio a Instituciones medicas privadas
- Precio a Instituciones públicas
- Precio Social

Estos valores se muestran en la tabla N° 44.

Tabla N° 44: tipos de precios (Nuevos soles)

| Beneficiarios Directos | % Incremental | Precio Venta inc. IGV | Precio Venta sin IGV |
|----------------------------------|----------------------|------------------------------|-----------------------------|
| Clínicas y Seguros Privados | 10 | 1 500,00 | 1 260,51 |
| INEN, Essalud y Hospitales MINSA | 5 | 1 000,00 | 840,34 |
| Precio Social | -50 | 500,00 | 420,17 |

Fuente: Elaboración propia

Se asumió un escenario conservador de servicios demandados según resultados de encuesta de mercado realizadas a médicos e Instituciones médicas, *Ver Anexo 2 y 3.*

Beneficios incrementales

Se calculan comparando los ingresos de la situación con proyecto y los ingresos de la situación sin proyecto, que en este caso es cero, la diferencia constituye los ingresos o beneficios incrementales atribuibles al proyecto, como se observa en el esquema de la figura N° 15.

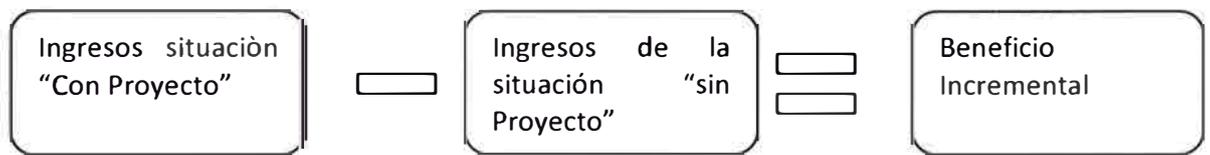


Figura N° 15: Definición de Beneficio Incremental

En la tabla N° 45 se puede observar la comparación de flujo de ingresos privados de las diferentes instituciones medicas.

Tabla N° 45: Flujo de Beneficios incrementales privados

| AÑO | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|----------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Hospital Militar | | | | | | | | | | |
| N° de Atenciones por PET | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 | 8 | 9 |
| Dosis Anuales | 1 488 | 1 488 | 1 488 | 1 488 | 1 488 | 1 736 | 1 736 | 1 736 | 1 984 | 2 232 |
| Ingreso Anual (S/.) | 1 250 420,17 | 1 250 420,17 | 1 250 420,17 | 1 250 420,17 | 1 250 420,17 | 1 458 823,53 | 1 458 823,53 | 1 458 823,53 | 1 667 226,89 | 1 875 630,25 |
| INEN | | | | | | | | | | |
| N° de Atenciones por PET | 0 | 6 | 6 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 | 8 | 9 |
| Dosis Anuales | 0 | 1 488 | 1 488 | 1 488 | 1 488 | 1 736 | 1 736 | 1 736 | 1 984 | 2 232 |
| Ingreso Anual (S/.) | 0,00 | 1 250 420,17 | 1 250 420,17 | 1 250 420,17 | 1 250 420,17 | 1 458 823,53 | 1 458 823,53 | 1 458 823,53 | 1 667 226,89 | 1 875 630,25 |
| Hospital Cayetano Heredia | | | | | | | | | | |
| N° de Atenciones por PET | 0 | 0 | 6 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 | 8 | 9 |
| Dosis Anuales | 0 | 0 | 1 488 | 1 488 | 1 488 | 1 736 | 1 736 | 1 736 | 1 984 | 2 232 |
| Ingreso Anual (S/.) | 0,00 | 0,00 | 1 250 420,17 | 1 250 420,17 | 1 250 420,17 | 1 458 823,53 | 1 458 823,53 | 1 458 823,53 | 1 667 226,89 | 1 875 630,25 |
| Clinica Javier Prado | | | | | | | | | | |
| N° de Atenciones por PET | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 7 | 7 | 7 | 8 | 9 |
| Dosis Anuales | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 488 | 1 736 | 1 736 | 1 736 | 1 984 | 2 232 |
| Ingreso Anual (S/.) | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1 875 633,13 | 2 188 238,65 | 2 188 238,65 | 2 188 238,65 | 2 500 844,17 | 2 813 449,69 |
| Ingresos Totales (S/.) | 1 250 420,17 | 2 500 840,34 | 3 751 260,50 | 3 751 260,50 | 5 626 893,63 | 6 564 709,24 | 6 564 709,24 | 6 564 709,24 | 7 502 524,84 | 8 440 340,45 |

En el gráfico N° 5 se observan los ingresos de cada institución que se indica en la leyenda.

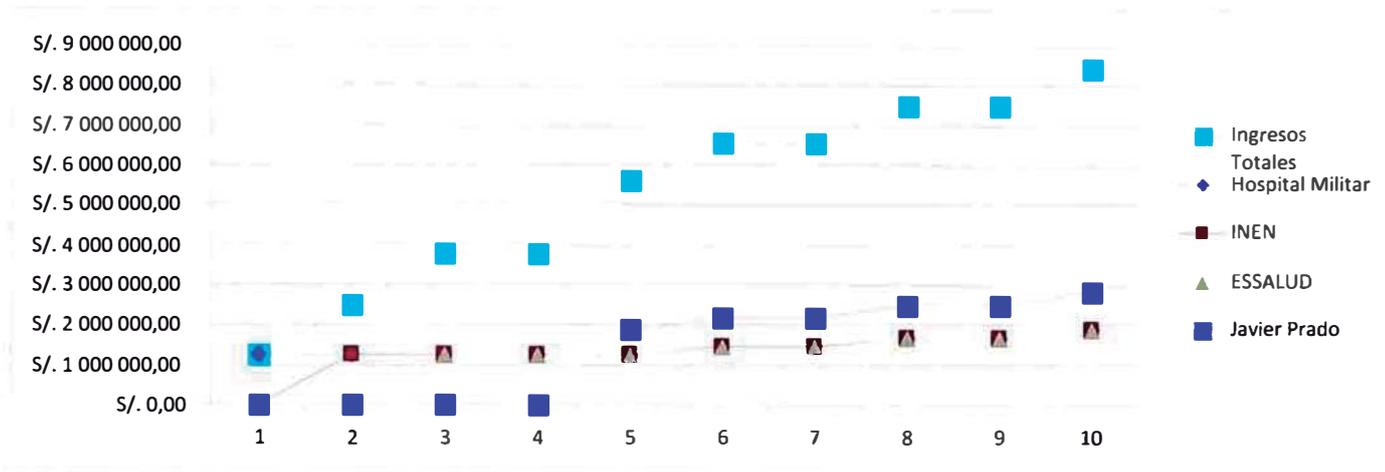


Gráfico N° 5: Ingresos por cada Cliente/Institución

5.6 Modulo IV: Evaluación

En este modulo se realizará lo siguiente:

- Identificar, cuantificar y valorizar los beneficios sociales del proyecto.
- Determinar la rentabilidad económica y social de la alternativa única.
- Determinar los factores que pueden afectar los flujos de beneficios y costos.
- Determinar la sostenibilidad de la alternativa en todas sus dimensiones.

Para ello se seguirá el esquema de la figura N°16.

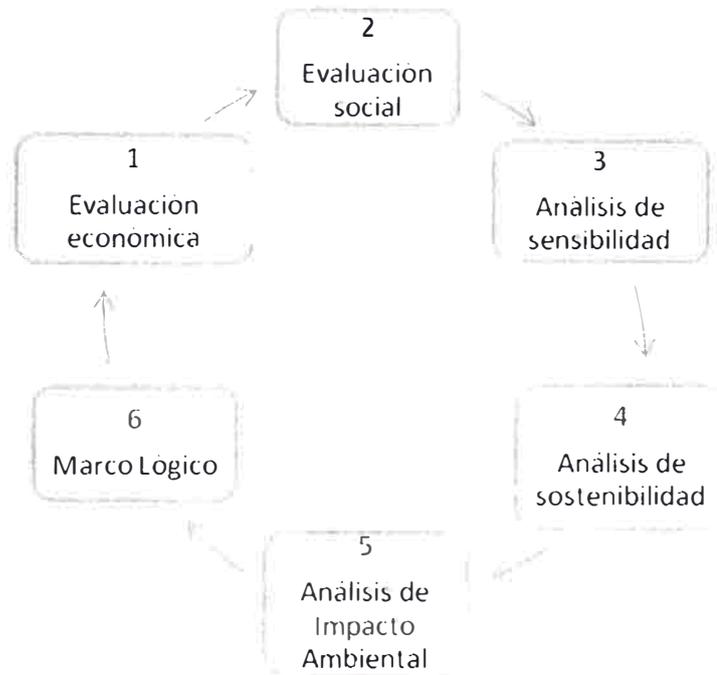


Figura N° 16: Ruta de Evaluación del módulo IV

Para la evaluación del presente PIP se aplicará la metodología Costo Beneficio.

Habiendo determinado los flujos de beneficios incrementales y los flujos de costos incrementales, se elabora los flujos de beneficios netos incrementales y se determina los cálculos de los indicadores económicos, VAN y TIR, que permite determinar cual es la rentabilidad de llevar a cabo el proyecto.

La evaluación económica se determina a precios privados y a precios sociales.

5.6.1 Evaluación Económica

Metodología Costo/Beneficio.

Para la evaluación económica y social se usará la metodología costo beneficio para estimar la rentabilidad del proyecto. Esta metodología se utiliza en proyectos en donde se pueden valorar los beneficios. Los indicadores más usados para medir la rentabilidad del proyecto son el VAN (Valor Actual Neto) y TIR (Tasa interna de retorno).

Este cálculo se realizará sobre los beneficios netos (flujo de caja), es decir el flujo de ingresos menos el flujo de costos como se observa en el esquema de la figura N° 17.



Figura N° 17: Definición de Beneficios Netos

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 46 se muestra los flujos de los beneficios netos privados.

En el gráfico N° 6, se puede apreciar el flujo de ingresos versus egresos durante la vida útil del proyecto que comprende 10 años.

Tabla N° 46: Flujo de Beneficios netos

| AÑO | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|--|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| INGRESO (S/.) | 0,00 | 1 250 420,17 | 2 500 840,34 | 3 751 260,50 | 3 751 260,50 | 5 626 893,63 | 6 564 709,24 | 6 564 709,24 | 7 502 524,84 | 7 502 524,84 | 8 440 340,45 |
| EGRESOS (S/.) | 17 305 365,28 | 539 125,43 | 761 716,63 | 878 307,84 | 878 307,84 | 1 035 127,31 | 1 035 127,31 | 1 035 127,31 | 1 035 127,31 | 1 035 127,31 | 1 035 127,31 |
| Costo de Pre-Inversión e Inversión | 17 305 365,28 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Costo de Operación y Mantenimiento | | 539 125,43 | 761 716,63 | 878 307,84 | 878 307,84 | 1 035 127,31 | 1 035 127,31 | 1 035 127,31 | 1 035 127,31 | 1 035 127,31 | 1 035 127,31 |
| FLUJO DE CAJA A PRECIOS PRIVADOS (S/.) | 17,305,365,28 | 711 294,74 | 1 739 123,70 | 2 872 952,67 | 2 872 952,67 | 4 591 766,32 | 5 529 581,93 | 5 529 581,93 | 6 467 397,53 | 6 467 397,53 | 7 405 213,14 |

Fuente: Elaboración propia

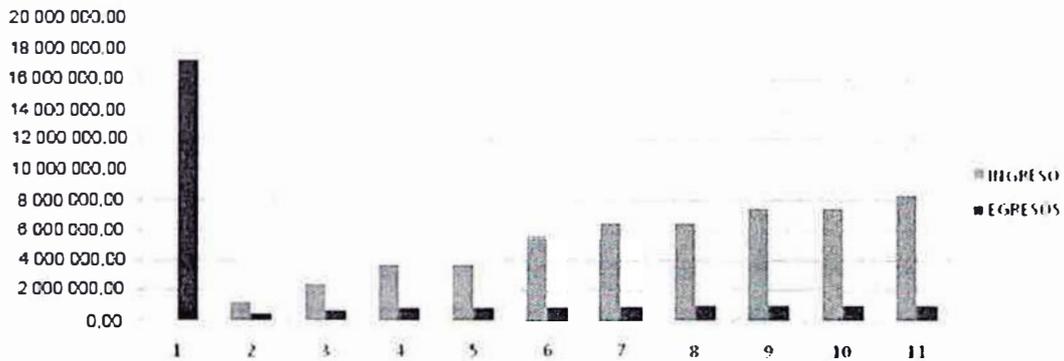


Gráfico N°6: Flujo de Ingreso vs Egresos en el horizonte de evaluación

Cálculo del VAN y TIR económico

Del flujo de beneficios netos se calcula los indicadores económicos VAN y TIR, a una tasa de descuento privada de 12 %, como se indica en la tabla N° 47 estimados a 10 años.

Las tasas de descuento son revisadas periódicamente por el Ministerio de Economía y Finanzas y difundidas al público a través de su página web.

Tabla N° 47: Indicadores económicos

| Indicadores económicos | 10 años |
|------------------------|--------------|
| VAN, S/. | 3 828 298,08 |
| TIR, % | 15.77 |
| Tasa, % | 12 |

5.6.2 Evaluación Social

El costo social para el caso de bienes de origen nacional no debe considerar los impuestos indirectos por ejemplo IGV, dado que éstos aumentan la recaudación, beneficiando al Estado. Para el caso de bienes de origen importado genera mayor recaudación de impuestos, en este caso aranceles genera un beneficio para el estado, por lo que el costo debe ser menor, es decir se debe eliminar los efectos de los aranceles e impuestos indirectos.

ANALISIS DE COSTOS A PRECIOS SOCIALES

De acuerdo a las normas del SNIP, el precio social de un bien, servicio o insumo es igual al precio privado, corregido por un factor de ajuste o de conversión establecido por el MEF, que representa las distorsiones e imperfecciones del mercado pertinente. Por ello, para poder evaluar socialmente un proyecto se debe convertir los flujos de costos y beneficios de precios de mercado a flujos de costos y beneficios valorizados a precios sociales, como se indica en el esquema siguiente:

$$\boxed{\text{Costo a precio de mercado}} \times \boxed{\text{Factor de corrección}} = \boxed{\text{Costo a precio social}}$$

En la tabla N° 48 se indican los valores de los factores de conversión.

Tabla N° 48: Factor de Conversión

| FACTOR DE CONVERSIÓN (FC) | Valor |
|--|--------|
| Mano de Obra Calificada | 0,9091 |
| Bien Nacional | 0,8403 |
| Bien Importado | 0,8625 |
| Mano de Obra no Calificada de la Constr. | 0,86 |
| la divisa | 1,17 |
| Combustible | 0,66 |

Fuente: MEF: Dirección General de Planeamiento Multianual

Entonces, multiplicando el cuadro de Costos a Precio de Mercado por el factor de corrección, se determina todos los cuadros de costos a precios sociales.

A. Costos de Inversión a precios sociales con proyecto

Son los costos de los servicios y equipamiento que requiere el proyecto multiplicado por el factor de corrección. Se presenta un resumen de los costos en la tabla N° 49 y 50 respectivamente.

B. Costo de Operación a precios sociales

Son los costos fijos y los costos variables que resulta multiplicado cada suministro por el factor de corrección.

En las tablas N° 51 al 56 se muestran los costos a precios sociales.

C.- Costo de Mantenimiento a precios sociales

Son gastos referidos a materiales y repuestos de equipamiento como se indica en la tabla N° 57.

En la tabla N° 58 se detalla los flujos de egresos totales de los costos de operación y mantenimiento en el horizonte de evaluación.

D.- Costo Incrementales a precios sociales

El flujo de costos incrementales permite ver la distribución de los costos sociales en el horizonte de evaluación. En la tabla N° 59 se muestra el flujo de costos incrementales en el tiempo de vida útil del proyecto

Tabla N° 49: Costo de Inversión a precio Social (Nuevos Soles)

| ACTIVIDADES | | ACCIONES | COSTOS CON IMPUESTO | FC | PRECIOS SOCIALES |
|-------------|---------------------------|---|----------------------|-----------|----------------------|
| 0.0 | ESTUDIO DE FACTIBILIDAD | Estudio de Factibilidad | 24 000,00 | 0,9091 | 21 818,40 |
| 1.1 | EXPEDIENTE TECNICO | Elaboración del expediente técnico | 549 780,00 | 0,9091 | 499 805,00 |
| | | Aprobación del expediente técnico | 0,00 | | |
| 1.2 | OBRAS CIVILES | Elaboración de Bases LPI | 0,00 | | |
| | | Obtención de Licencias construcción y funcionamiento | 1 000,00 | 0,8403 | 840,30 |
| | | Construcción de obras civiles | 2 623 950,00 | 0,84/0,86 | 2 220 412,73 |
| 1.3 | CICLOTRÓN | Adquisición del Ciclotrón | 7 332 780,00 | 0,8625 | 6 324 522,75 |
| 1.4 | EQUIPAMIENTO | Puerta Blindada de acceso al Bunker | 339 150,00 | 0,8403 | 284 987,75 |
| | | Adquisición de Equipos de Producción | 2 963 100,00 | 0,8625 | 2 555 673,75 |
| | | Adquisición de Equipos de Servicios | 158 355,00 | 0,8625 | 136 581,19 |
| | | Adquisición de Equipos de Control de Calidad | 827 936,00 | 0,8625 | 714 094,80 |
| | | Adquisición de Equipos de Seguridad Radiológica | 236 334,00 | 0,8625 | 203 838,08 |
| 1.5 | CAPITAL DE TRABAJO | Adquisición de Materia prima, insumos, reactivos. | 179 382,25 | 0,8625 | 154 717,19 |
| 1.6 | MONTAJE | Montaje del Ciclotrón | 146 655,60 | 0,9091 | 133 324,61 |
| | | Montaje de Mód. de síntesis, Celdas calientes, fraccionamiento | | | |
| | | Montaje del sistema de ventilación | | | |
| 1.7 | PUESTA EN SERVICIO | Puesta en Marcha del Ciclotrón y demás equipos | 145 727,40 | 0,9091 | 132 480,78 |
| | | Aprobación del Protocolo de operación de los equipos | | | |
| | | Prueba de los suministros: gases, agua refrigerada, sistema de ventilación. | | | |
| | | Prueba de Irradiación en frio | | | |
| | | Aprobación de las BPM | | | |
| 1.8 | CIERRE DEL PROYECTO | Informe de Cierre del Proyecto | 0,00 | | 0,00 |
| 2.1 | CAPACITACIÓN | Programa de capacitación al personal de operación y mantenimiento | 0,00 | | 0,00 |
| 2.2 | CAPACITACIÓN | Programa de capacitación al personal médico | 0,00 | | 0,00 |
| 3 | RR HH | Personal para la Gestión del proyecto | 204 000,00 | 0,9091 | 185 456,40 |
| A | COSTO DE INVERSIÓN | | 15 732 150,25 | | 13 568 553,72 |
| B | ADM .DEL PROJ. | a 10% del monto de inversión del proy. | 1 573 215,03 | | 1 356 855,37 |
| C | COSTO TOTAL | | 17 305 365,28 | | 14 925 409,09 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 50: Costo de Obra Civil a precio social

| DESCRIPCIÓN DE AMBIENTE | m ² | costo unitario S/. ^{m²} | costo con impuesto S/. | costo sin impuesto S/. |
|--|----------------|---|------------------------|------------------------|
| Sala de ciclotrón | 60 | 6 000,00 | 428 400,00 | 543 774,55 |
| Sala de blancos solidos irradiados | 30 | 6 000,00 | 214 200,00 | |
| Laboratorio de producción FDG | 25 | 6 000,00 | 178 500,00 | 151 048,49 |
| Laboratorio de producción multiuso | 20 | 4 500,00 | 107 100,00 | 181 258,18 |
| Laboratorio de desarrollo | 20 | 4 500,00 | 107 100,00 | 60 419,39 |
| Laboratorio de control de calidad | 20 | 3 000,00 | 71 400,00 | |
| Sala de control | 50 | 3 000,00 | 178 500,00 | |
| Sala de maquinas | | | | |
| Sala de herramientas y gases | | | | |
| Taller de mantenimiento | 375 | 3 000,00 | 1 338 750,00 | 1 132 863,64 |
| Área de Almacén | | | | |
| Área de despacho sala de radioprotección | | | | |
| SSHH, vestuarios y pasadizos | | | | |
| oficinas y salas de reuniones | | | | |
| TOTAL | 600,00 | | 2 623 950,00 | 2 220 412,73 |

Tabla N° 51: Costo fijo a precio social (Nuevos Soles)

| Año | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Remuneraciones (1) | 289 093 | 289 093 | 289 093 | 289 093 | 289 093 | 289 093 | 289 093 | 289 093 | 289 093 | 289 093 |
| Servicios (2) | 43 670 | 43 670 | 43 670 | 43 670 | 43 670 | 43 670 | 43 670 | 43 670 | 43 670 | 43 670 |
| Distribución (3) | 30 813 | 30 813 | 30 813 | 30 813 | 30 813 | 30 813 | 30 813 | 30 813 | 30 813 | 30 813 |
| Costo Fijo Anual | 363 577 | 363 577 | 363 577 | 363 577 | 363 577 | 363 577 | 363 577 | 363 577 | 363 577 | 363 577 |

Tabla N° 52: Cuadro de Remuneraciones (Nuevos Soles)

| RECURSOS HUMANOS | Unid. | Área | Mes | Anual | FC | SIN IMP. |
|-------------------------------------|-------|-----------------------|-------|---------|--------|----------|
| Ing. Electrónico | 1 | Operación y Mto. | 4 000 | 48 000 | 0.9091 | 43 636 |
| Ing. Electromecánico | 1 | Operación y Mto. | 4 000 | 48 000 | | 43 637 |
| Químico Orgánico | 1 | Producción | 4 000 | 48 000 | | 43 637 |
| Químico o Ing. Químico | 1 | Producción | 4 000 | 48 000 | | 43 637 |
| Químico Farmacéutico o Ing. Químico | 1 | Control de Calidad | 4 000 | 48 000 | | 43 637 |
| Técnico electrónico | 1 | Seguridad Radiológica | 2 500 | 30 000 | | 27 273 |
| TOTAL | 7 | | | 318 000 | | 245 457 |

Tabla N° 53: Cuadro de Servicios (Nuevos Soles)

| Suministro | Unid. medida | Mes | Anual | FC | Sin impuesto |
|------------------------|----------------|----------|------------------|--------|--------------|
| Luz | kw-h | 3 000,00 | 36 000,00 | 0.8403 | 30 250,00 |
| Agua | m ³ | 500,00 | 6 000,00 | | 5 041,80 |
| Teléfono | hrs | 250,00 | 3 000,00 | | 2 520,90 |
| Arbitrios | unidad | 500,00 | 6 000,00 | | 5 041,80 |
| Licencias de operación | S/. | | 700,00 | | 588,21 |
| Licencia de personal | S/. | | 70,00 | | 58,82 |
| Licencia municipal | S/. | | 200,00 | | 168,06 |
| TOTAL | | | 51 970,00 | | |

Tabla N° 54: Cuadro de Gastos de Distribución (Nuevos Soles)

| Servicios | Unidad | Mes | Anual | FC | Sin Impuesto |
|------------------------------|--------|-------|------------------|--------|------------------|
| Combustible Diesel Camioneta | gal | 75 | 12 726,00 | 0,6600 | 8 399,16 |
| Chofer | S/. | 1 500 | 18 000,00 | 0,9091 | 16 363,80 |
| Mantenimiento vehículo | S/. | 200 | 2 400,00 | 0,8403 | 2 016,72 |
| Publicidad | S/. | 400 | 4 800,00 | 0,8403 | 4 033,44 |
| TOTAL | | | 37 926,00 | | 30 813,12 |

Tabla N° 55: Costo Variable de Producción a precios social

| MATERIAS PRIMAS E INSUMOS | Unidad de Medida | Unidad de Producción | Unidades que se requiere: Insumo/Lote | Precio unitario US \$ | Costo unitario CON IMPUESTO Soles | Costo de M.P. x Lote SI. SIN IMPUESTO | |
|--|------------------|-------------------------------------|--|-----------------------|---|---|--|
| Fuente de iones (protones) hidrogeno de alta pureza 99.99997% | L | 1 LOTE DE IRRADIACIÓN 2 horas | 0,6 | 0,06 | 0,12852 | 512,77 | |
| PRODUCCIÓN 18F | | | | | | | |
| Agua enriquecida al 95% en 18O, | g | | 0,8 | 25,00 | 71,4 | | |
| Helio (expulsión del 18F al modulo) He (>99.99%) | m ³ | | 0,01 | 60,00 | 2,142 | | |
| PRODUCCIÓN 18F-FDG | | | | | | | |
| Nitrógeno Líquido | m ³ | | 0,005 | 12 | 0,2142 | | |
| Kit de Modulo de Síntesis: Cassette descartable con reactivos para producir un Lote de FDG - F18 | Cassette | | 1 | 125,00 | 446,25 | | |
| Nitrógeno Líquido (Refrigerante) | m ³ | | 0,0040 | 12,00 | 0,06 | | |
| Nitrógeno gaseoso (limpieza en módulos) | m ³ | | 0,01 | 4,10 | 0,041 | | |
| Argón (limpieza de tuberías) | m ³ | | 0,01 | 14,00 | 0,14 | | |
| CONTROL DE CALIDAD | | | | | | | |
| Control positivo y LAL (1 vez por semana) | Tubo | | 2 | 7.50 | 10,71 | | |
| Solventes y reactivos químicos | Unidad | | Unidad | 16,13 | 57,58 | | |
| Agua bidestilada | Ampollas 20 ml | | 1 | 2,00 | 7,14 | | |
| DISTRIBUCIÓN | | | | | | | |
| Vial | millar | | 1 | | 0,336 | | |
| Tapones de jebe | millar | | 1 | | 0,229 | | |
| Precintos de Aluminio | millar | | 1 | | 0,175 | | |
| TOTAL COSTO DE MATERIA PRIMA / LOTE | | | | | | 512,77 | |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| B) Administración del Proyecto 10% Ctos. Dir. | 1 356 855,37 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| C) COSTO TOTAL DE INVERSIÓN CON PROYECTO (A+B) | 14 925 409,09 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| D) EGRESOS TOTALES | 0,00 | 520 188,56 | 717 595,35 | 823 599,69 | 823 599,69 | 958 396,30 | 958 396,30 | 958 396,30 | 958 396,30 | 958 396,30 | 958 396,30 |
| Costo de Materia Prima e Insumos | 0,00 | 127 166,62 | 127 166,62 | 127 166,62 | 127 166,62 | 254 333,23 | 254 333,23 | 254 333,23 | 254 333,23 | 254 333,23 | 254 333,23 |
| Remuneraciones - Recursos Humanos | 0,00 | 245 457,00 | 245 457,00 | 245 457,00 | 245 457,00 | 245 457,00 | 245 457,00 | 245 457,00 | 245 457,00 | 245 457,00 | 245 457,00 |
| Servicios | 0,00 | 43 670,00 | 43 670,00 | 43 670,00 | 43 670,00 | 43 670,00 | 43 670,00 | 43 670,00 | 43 670,00 | 43 670,00 | 43 670,00 |
| Distribución | 0,00 | 30 813,12 | 30 813,12 | 30 813,12 | 30 813,12 | 30 813,12 | 30 813,12 | 30 813,12 | 30 813,12 | 30 813,12 | 30 813,12 |
| Costo de Mantenimiento | 0,00 | 186 232,82 | 286 236,91 | 286 236,91 | 286 236,91 | 286 236,91 | 286 236,91 | 286 236,91 | 286 236,91 | 286 236,91 | 286 236,91 |
| Sub Total de Costos de Oper. Y Mto. Con Proy. | 0,00 | 508 608,90 | 718 600,60 | 828 592,30 | 828 592,30 | 976 535,20 | 976 535,20 | 976 535,20 | 976 535,20 | 976 535,20 | 976 535,20 |
| Gastos Generales (6%) | | 30 516,53 | 43 116,04 | 49 715,54 | 49 715,54 | 58 592,11 | 58 592,11 | 58 592,11 | 58 592,11 | 58 592,11 | 58 592,11 |
| E) COSTOS DE OPERACIÓN Y MTO. SIN PROYECTO | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| TOTAL COSTOS INCREMENTALES (C-D-E) | 14 925 409,09 | 520 188,56 | 717 595,35 | 823 599,69 | 823 599,69 | 958 396,30 | 958 396,30 | 958 396,30 | 958 396,30 | 958 396,30 | 958 396,30 |

Fuente: Elaboración propia

ANALISIS DE BENEFICIOS SOCIALES

Los beneficios sociales son aquellos que permiten a la población afectada mejorar su nivel de calidad de vida, mediante los siguientes impactos positivos:

- Ahorrando los gastos de salud en la población oncológica
- Disminuyendo los bajos niveles de enfermedades oncológicas,
- Disminución de gastos en salud por parte del Estado.
- Mejorando en el desarrollo social y económico de las familias oncológicas de la población del Perú.

En la tabla N° 60 se muestran algunos beneficios sociales que se logrará al ejecutar el proyecto.

Tabla N° 60: Beneficios sociales

| Proyecto | Ingresos | Beneficio Social del Proyecto |
|-----------------------------|--|---|
| Instalación de un Ciclotrón | Precio de Dosis de ¹⁸ F-FDG | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Disminución de gastos en el Paciente debido a la realización de un examen PET ▪ Disminución de la Mortalidad ▪ Incremento en la esperanza de vida ▪ Mejora de la Calidad de vida |

Fuente: Elaboración propia

Se puede decir que uno de los resultados que se puede medir cuantitativamente se traduce en el beneficio por el ahorro en realizarse un examen PET de Diagnóstico temprano en el Perú.

Como no existe la tecnología en nuestro País la opción que le queda al paciente es realizarlo en el extranjero, siendo Santiago de Chile la ciudad más cercana que cuenta con esta tecnología.

El incremento en el gasto por realizarse un diagnóstico preciso mediante un examen PET, se muestra en la tabla N° 61.

Tabla N° 61: Costo de un examen PET en el extranjero

| Conceptos | Opción Extranjero | Opción Lima |
|---|---------------------|-------------|
| | Santiago de Chile | Proyecto |
| Costo de un Examen PET | 3600 | 2200 |
| Pasajes Lima-Santiago; Paciente y acompañante | 1620 | |
| Gastos de Estadía x 3 días | 1260 | |
| TOTAL | 6480 | 2200 |
| Ahorro/ Paciente | S/. 4 280,00 | |

(*) Fuente : Fundación Arturo López Pérez, Instituto Oncológico, FALP

En la tabla N° 61 se observa que el paciente incurre en un gasto adicional de **S/. 4 280 nuevos soles**, que se traduce en un ahorro de US\$ 1 430 si el paciente se hubiera realizado el examen PET en la ciudad de Lima.

Los beneficios cuantificables del proyecto será el ahorro de gastos en salud del paciente oncológico debido a la realización de un examen PET en el Perú y según el estudio de mercado 6 serían los pacientes por día que se beneficiarán con dicho ahorro económico si la tecnología existiera en nuestro País.

Los beneficios perdidos (ahorro del paciente) anual por la no existencia de la tecnología en el Perú será el cálculo de los 1488 pacientes anuales multiplicado por S/. 4 280 nuevos soles, resultando en S/. 6 368 640 anual.

La Evaluación Social del Proyecto como se menciona se aplicará la metodología costo beneficio, ello porque es factible valorar los beneficios sociales en valores monetarios.

Los flujos netos de beneficios y costos sociales, una vez estimados los beneficios y costos sociales, podremos calcular el flujo neto que nos permitirá evaluar la rentabilidad social del proyecto.

En la tabla N° 62 se muestran los ingresos calculados a precio social y los egresos corregidos por los factores de conversión, resultando el flujo de beneficios netos sociales.

Los indicadores de rentabilidad social que utilizaremos son el Valor Actual Neto Social (VANS), y la Tasa Interna de Retorno Social (TIRS), para este cálculo se considera una tasa de descuento social de 11%, el cual es revisada periódicamente por el MEF y difundidas al público en su página web institucional.

A partir del flujo de beneficios netos sociales se calcula los indicadores VANS y TIRS como se indica en la tabla N° 63.

Tabla N° 62: Flujo de los Beneficios Netos Sociales

| Año | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|--|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Ingresos x venta de Dosis | 0 | 1 250 420,17 | 2 500 840,34 | 3 751 260,50 | 3 751 260,50 | 5 626 893,63 | 6 564 709,24 | 6 564 709,24 | 6 564 709,24 | 7 502 524,84 | 8 440 340,45 |
| Egresos Inversión, Operación y Mantenimiento | 14 925 409,09 | 520 188,56 | 717 595,35 | 823 599,69 | 823 599,69 | 958 396,30 | 958 396,30 | 958 396,30 | 958 396,30 | 958 396,30 | 958 396,30 |
| Flujo de Beneficios Netos | 14 924 409,09 | 730 231,60 | 1 783 244,99 | 2 927 660,82 | 2 927 660,82 | 4 668 497,33 | 5 606 312,94 | 5 606 312,94 | 5 606 312,94 | 6 544 128,54 | 7 481 944,15 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 63: Indicadores a precios sociales

| | |
|----------------------|--------------|
| Indicadores sociales | 10 años |
| VANS, S/. | 7 343 231,92 |
| TIRS, % | 19 |
| Tasa, % | 11 |

5.6.3 Análisis de Sensibilidad

El análisis de sensibilidad, permite conocer cómo influirían las variaciones de las variables en la rentabilidad del PIP.

Se efectuó el Análisis de Sensibilidad a Precios Privados y Social, para ello se ha considerado las 3 variables siguientes:

1. Variación del Costo de Inversión
2. Variación del Precio de Dosis
3. Variación de la Venta de Dosis por día

A Precios Privados:

1. Variación del Costo de Inversión

Se realizó el cálculo del VAN para una variación entre -30% y 30% respecto a la Inversión calculada, que es de S/. 17 305 365,28 nuevos soles. Los resultados de los cálculos se muestran en la tabla N° 64.

Tabla N° 64: Variación del costo de inversión

| Desvío (%) | Costo de Inversión (S/.) | VAN (S/.) |
|------------|--------------------------|---------------------|
| | | 3 828 298,08 |
| -30 | 12 113 755,70 | 9 019 907,66 |
| -20 | 13 844 292,22 | 7 289 371,13 |
| -10 | 15 574 828,75 | 5 558 834,61 |
| 0 | 17 305 365,28 | 3 828 298,08 |
| 10 | 19 035 901,81 | 2 097 761,55 |
| 15 | 19 901 170,07 | 1 232 493,29 |
| 20 | 20 766 438,34 | 367 225,02 |
| 30 | 22 496 974,86 | -1 363 311,51 |

Fuente: Elaboración propia

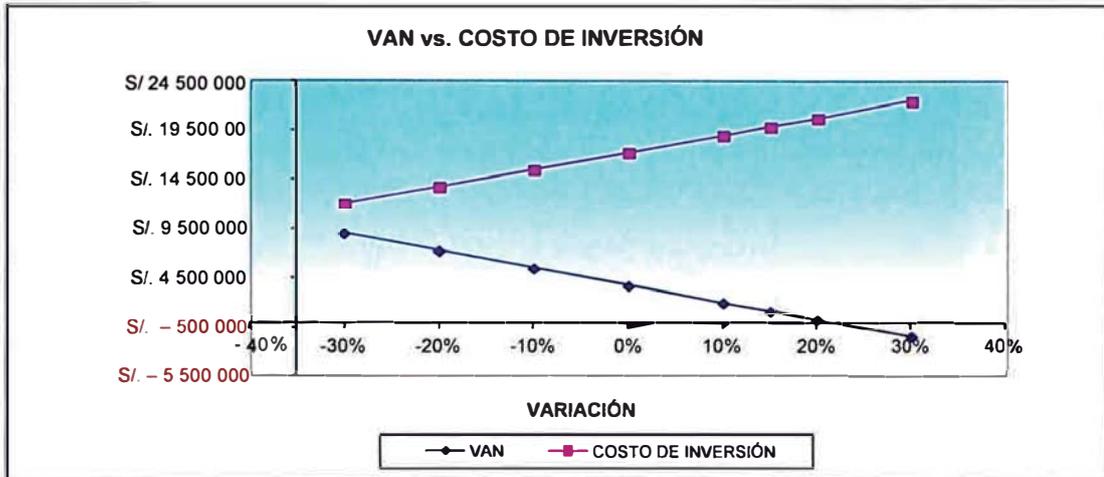


Gráfico N° 7

Fuente: Elaboración propia

De los resultados de la tabla N° 64 y del gráfico N° 7 se aprecia que la inversión no debe crecer en más del **20%** de lo calculado, ya que el VAN en ese escenario sería negativo, por lo tanto, haría económicamente inviable el Proyecto.

2. Variación del Precio de Dosis

Esta se realizó para un rango de variación entre -30% y 30% respecto al precio de dosis considerado, que es de S/. 840,34 nuevos soles.

Tabla N° 65: Variación del precio de dosis

| Desvío (%) | Costo de Inversión (S/.) | VAN (S/.) |
|------------|--------------------------|---------------------|
| -30 | 588,24 | 3 828 298,08 |
| -20 | 672,27 | -3 405 342,19 |
| -10 | 756,30 | -994 128,77 |
| 0 | 840,34 | 3 828 298,08 |
| 10 | 924,37 | 1 417 084,65 |
| 20 | 1 008,40 | 6 239 511,50 |
| 30 | 1 092,44 | 8 650 724,93 |
| | | 11 061 938,35 |

Fuente: Elaboración propia

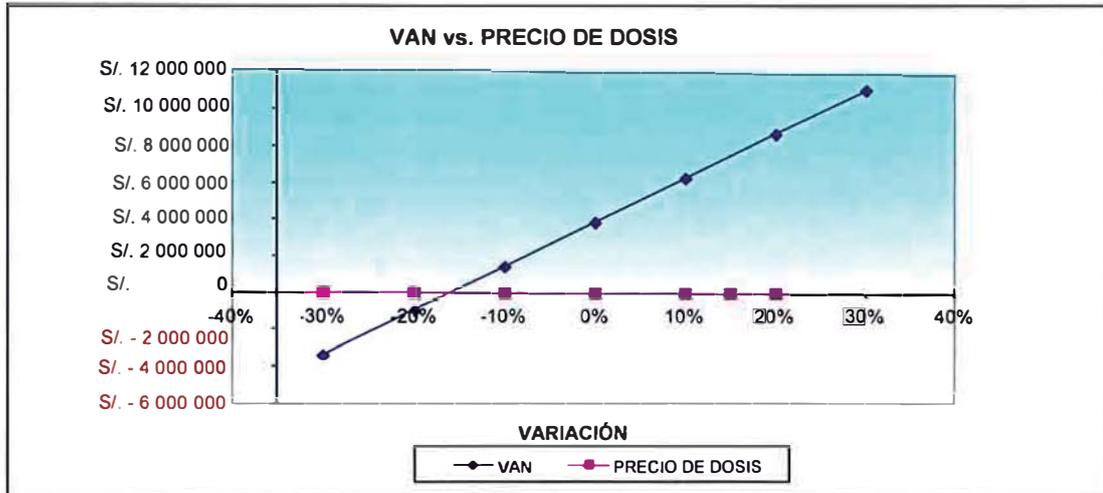


Gráfico N° 8

Fuente: Elaboración propia

De los resultados de la tabla N° 65 y del gráfico N° 8 se aprecia que el precio de dosis a vender no debe bajar en más del **20%** de lo calculado, ya que el VAN en ese escenario sería negativo, por lo tanto, el proyecto no sería rentable.

3. Variación de la Venta de Dosis por día

Se realizó para un rango de variación entre -50% y 33%, respecto al número de dosis de producción por día, que es inicialmente de 6.

Tabla N° 66: Variación de la Venta de Dosis por día

| Desvío (%) | Nº Dosis /Día | VAN (S/.) |
|------------|---------------|---------------------|
| | | 3 828 298,08 |
| -50 | 3 | (7 604 967,15) |
| -33 | 4 | (3 793 878,74) |
| -17 | 5 | 17 209,67 |
| 0 | 6 | 3 828 298,08 |
| 1 | 7 | 7 639 386,49 |
| 33 | 8 | 11 450 474,90 |
| 50 | 9 | 15 261 563,31 |
| 67 | 10 | 19 072 651,72 |

Fuente: Elaboración propia

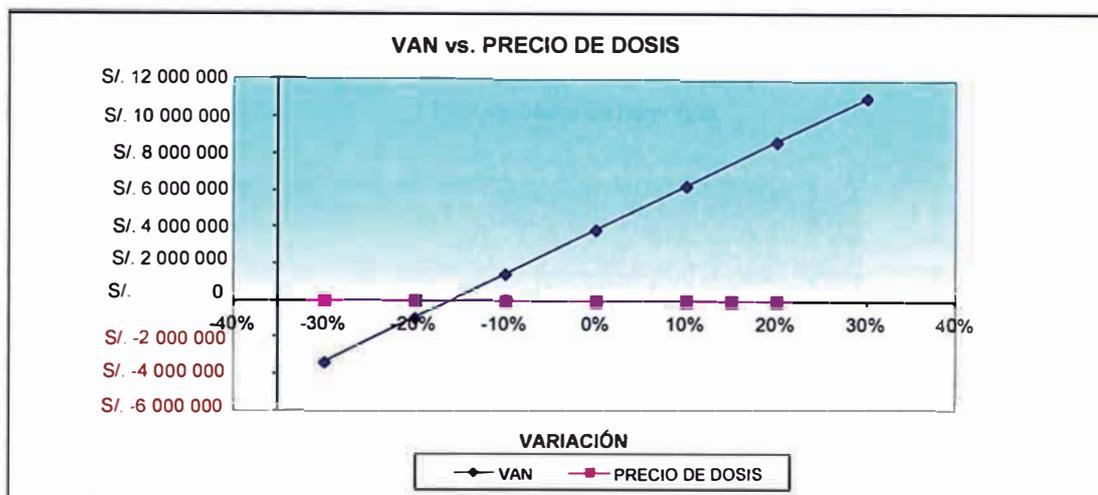


Gráfico N° 9

Fuente: Elaboración propia

De los resultados podemos apreciar cuando el N° de dosis inicial de producción por día baja a menos de 4, el VAN en ese escenario se hace negativo, por lo tanto, haría económicamente inviable el Proyecto.

A Precios Sociales:

1. Variación del Costo de Inversión

Se realizó para una variación entre -30% y 30% respecto a la inversión calculada, que es de S/. 14,925,409,09 soles.

Tabla N° 67: Variación del costo de inversión

| Desvío (%) | Costo de Inversión (S/.) | VAN (S/.) |
|------------|--------------------------|---------------|
| -30 | -10 447 786,36 | 11 820 854,64 |
| -20 | -11 940 327,27 | 10 328 313,73 |
| -10 | -13 432 868,18 | 8 835 772,82 |
| 0 | -14 925 409,09 | 7 343 231,92 |
| 10 | -16 417 950,00 | 5 850 691,01 |
| 15 | -17 164 220,45 | 5 104 420,55 |
| 20 | -17 910 490,90 | 4 358 150,10 |
| 30 | -19 403 031,81 | 2 865 609,19 |

Fuente: Elaboración propia

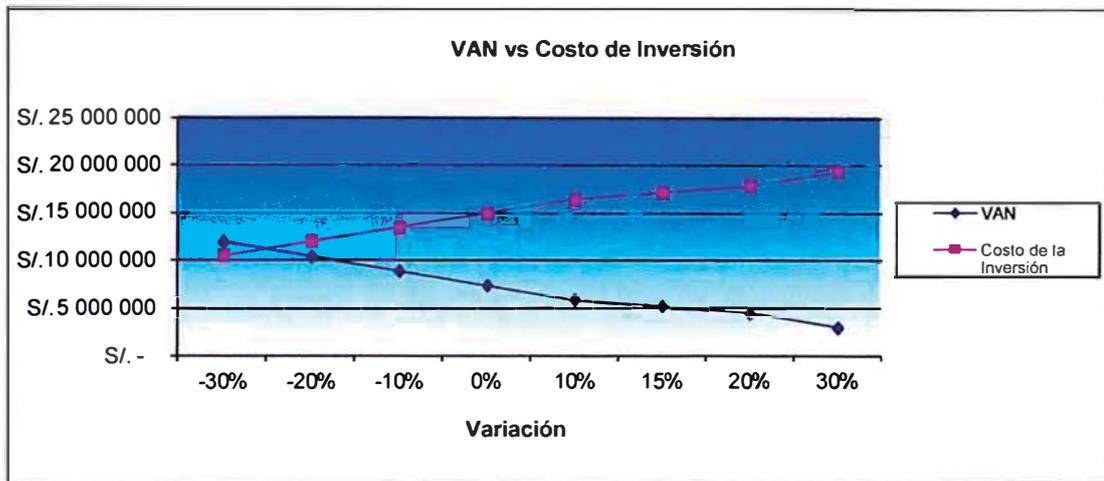


Gráfico N° 10

Fuente: Elaboración propia

De los resultados de la tabla N° 67 y del gráfico N° 10 se aprecia que la Inversión aún creciendo en más del **30%** de lo calculado, el VAN Social se mantiene en positivo, por lo tanto, todavía es socialmente viable el Proyecto.

2. Variación del Precio de Dosis

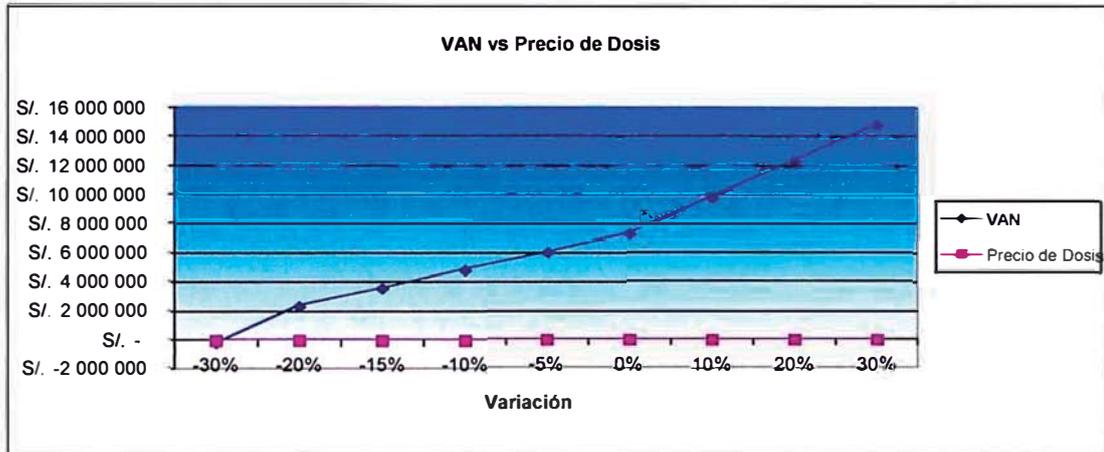
Se realizó para un rango de variación entre -30% y 30% respecto al Precio de Dosis considerado, que es de S/. 840,34 nuevos soles

Tabla N° 68: Variación del precio de dosis

| Desvío (%) | Precio de Dosis (S/.) | VAN (S/.) |
|------------|-----------------------|---------------------|
| | | 7 343 231,92 |
| -30 | 588,24 | (171 847,29) |
| -20 | 672,27 | 2 333 179,11 |
| -15 | 714,29 | 3 585 692,31 |
| -10 | 756,30 | 4 838 205,51 |
| -5 | 798,32 | 6 090 718,71 |
| 0 | 840,34 | 7 343 231,92 |
| 10 | 924,37 | 9 848 258,32 |
| 20 | 1 008,40 | 12 353 284,72 |
| 30 | 1 092,44 | 14 858 311,12 |

Fuente: Elaboración propia

000

**Gráfico N° 11***Fuente: Elaboración propia*

De los resultados de la tabla N° 68 y del gráfico N° 11 se aprecia que el Precio de Dosis a vender no debe bajar en más del **20%** de lo calculado, ya que el VAN es ese escenario sería negativo, por lo tanto, haría socialmente inviable el Proyecto.

3. Variación la Venta de Dosis por día

Se realizó para un rango de variación entre -50% y 33% respecto al número de dosis de producción por día considerado, que es inicialmente de 6.

Tabla N° 69: Variación de la venta de dosis por día

| N° de Dosis/Día | VAN (S/.) |
|-----------------|----------------|
| | 7 343 231,92 |
| 3 | (4 682 344,99) |
| 4 | (673 819,36) |
| 5 | 3 334 706,28 |
| 6 | 7 343 231,92 |
| 7 | 11 351 757,55 |
| 8 | 15 360 283,19 |
| 9 | 19 368 808,82 |
| 10 | 23 377 334,46 |

Fuente: Elaboración propia

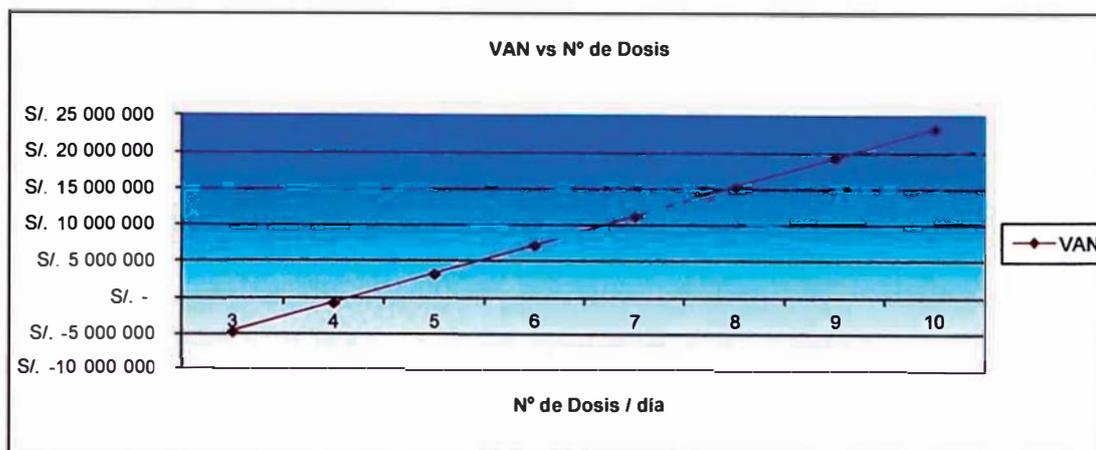


Gráfico N° 12

Fuente: Elaboración propia

De los resultados de la tabla N° 69 y del gráfico N° 12 se aprecia que el número de Dosis a vender no debe bajar de 5 dosis por día, ya que el VAN es ese escenario sería negativo, por lo tanto, no sería rentable el proyecto.

5.6.4 Análisis de Sostenibilidad

La sostenibilidad del proyecto que permite que sea rentable a lo largo de su vida útil, tendrá el soporte de las siguientes fuentes: institucional, técnica, financiera y social, que se describen a continuación.

INSTITUCIONAL: Coordinación e Interés Institucional.

Se realizó reuniones de coordinación con las siguientes instituciones médicas:

INEN: A través del Ing. Carlos Raffo, Responsable de la Unidad Formuladora del Proyecto PET/CT, Sector Salud, quien brindó información oficial del estudio de demanda potencial que realizaron para

su estudio del Perfil, mostrando el apoyo e interés de realizar un programa en conjunto.

ESSALUD: El Dr. Félix Ortega Álvarez, Jefe del Gabinete de Asesores de la Presidencia Ejecutiva, manifestó el apoyo al Proyecto del IPEN como la Institución nuclear nacional competente para la Instalación de un Ciclotrón, con la misión de producir y distribuir radiofármacos PET a los hospitales del sistema público de salud.

INSTITUTO ONCOLOGICO DE LIMA: Del mismo modo el Dr. Barriga representando al Instituto expresó su apoyo, manifestando que este proyecto tendría un gran impacto social y cubriría una necesidad diagnóstica que demanda la población oncológica.

COMPAÑIA ASEGURADORA RIMAC: Se informó a la Dra. Patricia Telles que el IPEN a mediano plazo instalará una tecnología de punta que suministrara los radiofármacos para el Diagnóstico por Imagen PET/CT usado en Medicina Nuclear y que beneficiará a pacientes potenciales coberturados por la aseguradora. Dicha representante expresó que esta iniciativa del IPEN podría resultar en beneficios de ahorro para los sistemas de cobertura y que estarían atentos para estudiar y considerar en su momento esta tecnología de diagnóstico.

UNIVERSIDAD PERUANA CAYETANO HEREDIA: La Dra. Fabiola León Velarde, Rectora de la Universidad expresó que la instalación de un Ciclotrón que propone el IPEN reforzará los esfuerzos y planes de investigación en el campo de salud que tiene esta Universidad.

OIEA (PER/6/016): El IPEN tiene aprobado un Proyecto de Cooperación Técnica con el OIEA que permitirá la capacitación de los recursos humanos por la suma de US\$ 367 350. Esta capacitación incluye becas,

visitas científicas a instalaciones de Ciclotrón y centros PET, misiones de expertos y seminarios de difusión en Lima.

TÉCNICA

El Instituto Peruano de Energía Nuclear, es el encargado de ejecutar el proyecto a través de la Dirección de Producción como unidad ejecutora del Proyecto, que tiene a su cargo la Planta de Producción de Radioisótopos, la cual cuenta con profesionales con amplia experiencia en los procesos radioquímicos de producción y control de calidad de nuevos radioisótopos que se producirán en el ciclotrón.

Además el IPEN en los últimos años se ha convertido en un productor y distribuidor de radiofármacos producidos en su planta, algunos de los cuales exporta a diversos países de la Región. Esta experiencia es muy relevante para enfrentar los retos que se vienen en la etapa de operación del Proyecto.

Los profesionales que operarán el Ciclotrón contarán con una óptima capacitación por parte del Organismo de Energía Atómica y las empresas proveedoras de equipamiento que fortalecerá la organización y logrará la producción óptima del producto.

FINANCIERA

El Financiamiento del Proyecto se sostendrá mediante las siguientes fuentes:

1. Recursos Ordinarios: Cubrirá el costo de la inversión, por el monto de S/ 17 305 365,28 nuevos soles.

2. Recursos Directamente Recaudados: Serán los ingresos directos provenientes de la venta diaria de Dosis de ^{18}F - FDG ofertados a Instituciones de salud pública y privada, como: INEN, hospitales MINSA y Clínicas Privadas. Estos ingresos, cubrirán los costos de operación, producción y mantenimiento

3. Proyecto OIEA PER 6/016:
 - Capacitación: La capacitación estará financiada por la asistencia técnica del Organismo Internacional de Energía Atómica. Esta capacitación está dirigida a los médicos especialistas y profesional técnico operante del Ciclotrón. La capacitación se realizará durante la fase de Inversión.
 - Difusión de la Tecnología: La difusión de las aplicaciones clínicas del PET a los usuarios médicos oncólogos, radiólogos estará financiada por la asistencia técnica del Organismo Internacional de Energía Atómica (Proyecto PER 6/016).

SOCIAL

Los oncólogos entrevistados, se comprometieron a respaldar el proyecto ciclotrón, porque saben que con la tecnología PET, dispondrán de una herramienta poderosa para los estudios, diagnóstico y mejor tratamiento del cáncer.

5.6.5 Evaluación Ambiental

El análisis del impacto ambiental permite identificar y caracterizar los efectos que puede tener la ejecución y operación de un PIP en el ambiente. Si hay impactos negativos, se deberá considerar las medidas para prevenir, mitigar o controlarlos; los costos forman parte del PIP.

Para la evaluación del impacto del medio ambiente, será necesario **identificar los componentes y variables ambientales que serán afectados**, considerándose los siguientes:

1.- Medio Físico Natural: Referido a los elementos de la naturaleza considerados como inorgánicos:

- Agua: El transporte diario del material radiactivo no afecta ningún canal de agua, ni fuente, sea esta subterránea o superficial, ya que el transporte se realiza utilizando un vehículo debidamente señalizado y autorizado de acuerdo con la normativa internacional existente para el transporte de mercancías peligrosas. Existe un procedimiento de transporte de material radiactivo: P0001-JP00PPR; aprobado por las autoridades del IPEN en la materia; donde se describen los objetivos, finalidad, alcance, responsabilidades, requisitos previos, precauciones, limitaciones, acciones e información de seguridad para actuaciones en casos de emergencia. El transporte se hace en un vehículo señalizado y autorizado para el transporte de material radiactivo. El embalaje ha sido aprobado por la Autoridad Nacional en Protección Radiológica.
- Suelo: El Ciclotrón es una máquina que acelera iones a alta velocidad para transformarlos en radioisótopos. El acelerador opera en circuito cerrado y los procesos productivos se desarrollan en el interior de cajas esclusas completamente estancas y aisladas del exterior (Celdas calientes y Módulos de Síntesis); de manera que no hay forma posible de contaminación del suelo como tal. Los

productos son transportados en recipientes de plomo debidamente sellados lo que garantiza su confinamiento cuando salen de la instalación hacia el usuario.

- Aire: La manipulación de los radioisótopos que se producen en el ciclotrón se llevan a cabo en el interior de unas cajas estancas, blindadas con láminas de plomo. Estas cajas, conocidas como Celdas Calientes y Módulos de Síntesis, contienen en su interior el equipamiento necesario para la transformación del radioisótopo en una molécula lista para ser inyectada al ser humano; y disponen de filtros de carbón activado y prefiltro de celulosa que sirven para retener los volátiles y purificar el aire que sale hacia el exterior. En consecuencia está plenamente garantizado la calidad del aire que se renueva desde el interior de la instalación. Sistemas de monitoreo continuo y permanente asegurarán que no exista emisión al aire de compuestos radioactivos más allá de los límites preestablecidos por las regulaciones nacionales. Además, los radioisótopos emisores de positrones producidos en un ciclotrón son de vida media muy corta y decaen radiactivamente en pocas horas.

2.- Medio Biológico: Referido a los elementos de la naturaleza considerados orgánicos:

- Flora: No aplicable.
- Fauna: No aplicable.

3.- Medio Social:

- Cultural: La puesta en marcha del Ciclotrón y el empleo de los tomógrafos PET en el diagnóstico temprano del cáncer y otras enfermedades; definitivamente conlleva a un cambio de conducta social al cuerpo médico nacional, compañías aseguradoras de salud, pacientes, estudiantes y el propio Estado a través del Sector Salud.
-
- Social: El impacto social se verá directamente reflejado en la mejor calidad de vida de los beneficiarios y de sus familiares, en los estándares de salud que manejan las instituciones de salud y en el mejoramiento del Know-How del cuerpo médico especializado.
-
- Económico: El Estado, a través del IPEN, generará mayores Recursos Directamente Recaudados, lo cual podrían ser reinvertidos en desarrollar nuevos productos.

En la tabla N° 70 se presenta la caracterización del impacto ambiental donde se indica las variables de incidencia y los efectos: temporales, espaciales y de magnitud.

Tabla N° 70: Caracterización del Impacto Ambiental

| VARIABLES DE INCIDENCIA | EFECTO | | | TEMPORALIDAD | | | ESPACIALES | | | MAGNITUD | | | |
|-----------------------------|----------|----------|--------|--------------|--------------|-------|------------|-------|----------|----------|-------|-----------|---------|
| | POSITIVO | NEGATIVO | NEUTRO | PERMANENTES | TRANSITORIOS | | | LOCAL | REGIONAL | NACIONAL | LEVES | MODERADOS | FUERTES |
| | | | | | CORTA | MEDIA | LARGA | | | | | | |
| MEDIO FISICO NATURAL | | | | | | | | | | | | | |
| 1. Agua | | | X | X | | | | X | | | X | | |
| 2. Suelo | | X | | | X | | | X | | | X | | |
| 3. Aire | | X | | | X | | | X | | | X | | |
| MEDIO BIOLÓGICO | | | | | | | | | | | | | |
| 1. Flora | | | X | X | | | | X | | | X | | |
| 2. Fauna | | | X | X | | | | X | | | X | | |
| MEDIO SOCIAL | | | | | | | | | | | | | |
| 1. Cultural | X | | | | | | | | | X | | X | |
| 2. Social | X | | | | | | | | | X | | | X |
| 3. Económico | X | | | | | | | X | | | X | | |

Fuente: Elaboración propia

VARIABLES CRÍTICAS POR SU EFECTO NEGATIVO:

1. Suelo, y
2. Aire.

Estas se darán en caso de haber pérdida o escape de material radiactivo desde la planta de producción como instalación y el de transporte de material radiactivo.

La planta de producción no utiliza materiales contaminantes en su proceso, los desechos sólidos y líquidos por su breve periodo de semidesintegración pueden ser tratados en pocas horas como desechos comunes, no genera gases tóxicos, la instalación esta provista de un sistema de ventilación de extracción que tienen incorporados en su línea

filtros de carbón activado. La instalación cumplirá con los protocolos de seguridad radiológica. Se utilizan detectores fijos o portátiles, para medición de tasa de exposición, dosis absorbida y contaminación superficial.

De existir un derrame de material radiactivo por rotura del frasco, se prevé que el pequeño volumen de la solución quede absorbida en el papel absorbente colocado en la cavidad del blindaje y al interior del propio blindaje; por lo que esta situación no es causal de riesgo.

De acuerdo a nuestra experiencia de 25 años de trabajo, la dosis al personal de trabajo ocupacional no supera los 5 mSv/año, siendo el límite permisible de 20 mSv al año.

Por lo tanto el proyecto producirá un efecto neutro en el tiempo, cumple con las normas de Protección del medio ambiente, no afectándolo, no pone en peligro la vida de las personas del proceso de operación así como la vida y salud de la población

5.6.6 Matriz del Marco Lógico

La matriz del marco lógico es una herramienta que permite el seguimiento de la ejecución del PIP, así como la evaluación de sus resultados e impactos.

Tabla N° 71: Marco Lógico

| | Resumen de Objetivos | Indicadores | Medios de Verificación | Supuestos |
|-------------|--|---|---|--|
| Fin | CONTRIBUIR A REDUCIR LA TASA DE MORTALIDAD Y MEJORAR LA CALIDAD DE VIDA DE LOS PACIENTES CON CANCER EN LA POBLACIÓN DEL PERÚ. | <ul style="list-style-type: none"> Reducción de la tasa de mortalidad por cáncer en un 15% en los 4 primeros años de iniciado el proyecto. N° de pacientes examinados con la tecnología PET. | <ul style="list-style-type: none"> Registro de los indicadores hospitalarios del INEN. Datos estadísticos de la mortalidad del cáncer del Ministerio de Salud. | <ul style="list-style-type: none"> Se establece la técnica del diagnóstico temprano y preciso PET/CT en los servicios oncológicos. La población tiene acceso a la técnica PET gracias a mayor cobertura de los servicios de salud. |
| Propósito | Producir radioisótopos emisores de positrones y radiofármacos para el acceso a un Diagnóstico eficaz por imagen PET/CT en Medicina Nuclear. | Producción de 3000 mCi por lote de irradiación en los tres primeros años de iniciado la operación. | <ul style="list-style-type: none"> Registro de la producción y control del radiofármaco ¹⁸F-FDG. Informes técnicos | Aplicación de la nueva tecnología de diagnóstico PET/CT por parte de los médicos oncólogos. |
| Componentes | <ol style="list-style-type: none"> Infraestructura de la Instalación Radiactiva. Tecnología Ciclotrón para producir radioisótopos emisores de positrones de vida corta. Recurso Humano Técnico capacitado en la operación del Ciclotrón y el equipo PET/CT. | <ul style="list-style-type: none"> Avance de la Obra Civil. 10 a 20 Dosis de ¹⁸F-FDG por lote de Irradiación a partir del año 2011. Protocolos validados de producción y control del radiofármaco ¹⁸F-FDG. Capacitación de 6 profesionales técnico operante del Ciclotrón en el año 2009 y 2010 y de 26 Médicos oncólogos del sector salud en el año 2010. | <ul style="list-style-type: none"> Cuaderno de Obra Civil. Licencia de funcionamiento del centro. Registro de venta de Dosis Registro de Facturación Certificados de las capacitaciones a médicos y personal técnico. | <ol style="list-style-type: none"> Instalación y operación exitosa del ciclotrón. La población afectada acude a los servicios oncológicos. |
| Acciones | <ol style="list-style-type: none"> Estudio de Factibilidad Elaboración del Expediente técnico. Construcción de Infraestructura. Adquisición del Ciclotrón Adquisición de equipamiento. Capital de trabajo Montaje del Ciclotrón. Puesta en Servicio. Capacitación del personal técnico. Recurso Humano | <p><u>Presupuesto:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> Estudio de Factibilidad: S/. 24 000. Expediente Técnico: S/. 549 780,00 Obra Civil: S/. 2 624 950,00. Ciclotrón: S/. 7 332 780,00 Equipamiento: S/. 4 524 875,00 Capital de trabajo: S/. 179 382,45. Montaje: S/. 146 655,60 Puesta en servicio: S/. 145 727,40 Capacitación: S/. 0,00 RRHH: S/. 204.000,00 | <ul style="list-style-type: none"> Informes de avance en la construcción de la obra. Información presupuesto de gastos Informe de adquisición de equipos Acta de Recepción e Informe de Cierre del proyecto. | <ul style="list-style-type: none"> Presupuesto suficiente y oportuno para la adquisición e Instalación del Ciclotrón y sus ambientes. Capacitación exitosa del personal y contratación del personal necesario |

Fuente: Elaboración propia

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- El presente informe por experiencia profesional es el resultado de un trabajo con valor agregado, que ha logrado la aprobación de viabilidad del proyecto a nivel perfil ante el MEF.
- El Proyecto “Instalación de un Ciclotrón para producir Radioisótopos para la Salud en Lima”, tiene un beneficio social de alta importancia, como es el de disminuir las enfermedades oncológicas especialmente las de estadio avanzado en la Población del Perú.
- El presente Proyecto de Inversión Pública toma como referencia los lineamientos del plan estratégico de desarrollo nacional Plan Perú 2021, como es promover el uso de la energía nuclear como uso pacífico, además de sustentarse en los aspectos de mejorar la calidad de vida de los peruanos.
- La alternativa de solución al problema está contribuyendo a la esperanza de vida de la población con enfermedades oncológicas, logrando que el paciente tenga un diagnóstico preciso, liberándolo así de gastos innecesarios al realizarse un examen PET fuera del País y de tratamientos o cirugías no precisas.
- El País puede dar un gran salto tecnológico con la instalación de un ciclotrón, por su alto impacto en la población beneficiaria del Perú. El ciclotrón unido a la tecnología PET constituye una herramienta

poderosa para el diagnóstico temprano y preciso de enfermedades oncológicas, neurológicas y cardiovasculares.

- La población efectiva del Sector Salud que se beneficiara se estima en un promedio de 14 000 pacientes anuales, un grupo de pacientes que tendrán acceso al diagnóstico temprano mediante la tecnología PET/CT.
- Es evidente y conocido que el cáncer en su etapa temprana es curable, de ahí la importancia de esta tecnología en el diagnóstico temprano, que solo se puede lograr utilizando radioisótopos emisores de positrones mediante la puesta en marcha de este proyecto.
- El IPEN por su amplia trayectoria en la producción, protección radiológica y manejo de material radiactivo, es la entidad nacional competente indicada para ejecutar este proyecto, encontrándose dentro de los lineamientos de la política del Sector Energía y Minas.
- Los indicadores económicos del proyecto tiene una rentabilidad de S/. 3 828 298,00 y una tasa interna de retorno de 15,77 %, lo cual indica que es un proyecto económicamente rentable con gran impacto social que beneficiará a toda la población del Perú.

6.2 Recomendaciones

El trabajo presentado permite hacer las siguientes recomendaciones:

- Aprobar el presente Estudio de pre inversión por ser un proyecto económicamente rentable con gran impacto social que beneficiará a toda la población del Perú.
- El País puede dar un gran salto tecnológico con la instalación de un ciclotrón, se sugiere su ejecución en paralelo con la tecnología PET, ambos constituyen una herramienta poderosa para el diagnóstico temprano y preciso de enfermedades oncológicas, neurológicas y cardiovasculares.
- Finalmente se recomienda que en la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de Ingeniería se dicten cursos de formulación de proyectos de inversión pública con impacto social que mejore el desarrollo y calidad de vida de los peruanos.

7 BIBLIOGRAFIA

- Estadística del INEN:
<http://www.inen.sld.pe/intranet/estadatestadisticos.htm>
- Cyclotron Produced Radionucleidos: Principles and practice: Technical Reports series N° 465, International Atomic Energy Agency Vienna, 2008.<http://inisdb.iaea.org/inis/php/index.php>
- Trends in Radiopharmaceuticals, Vol. 2. Viena, 14 – 18 November 2005. IAEA.
- Tomografía por Emisión de Positrones con 18 FDG en Oncología Clínica. Revisión Sistemática. Informe de Evaluación de Tecnología Sanitaria N° 30. Madrid, Noviembre 2001. Instituto de Salud Carlos III.
- II Curso Teórico Practico PET: Producción de Radionúclidos PET, Síntesis de Radio fármacos marcados con fluor -18. Servicio de Medicina Nuclear. Clínica Universitaria. Universidad de Navarra.
- Principios y elementos de un Ciclotrón. Seminario de Ing. Biomédica 2005. Facultad de Medicina e Ing. Universidad de la Republica Oriental del Uruguay.
- Equipamiento Celda Caliente y Celda de Fraccionamiento:
<http://www.comecer.com/nuclear-power-plant-equipment/>
- <http://www.abx.de/kits-iba.html> Compañía proveedora del Kit FDG y accesorios.
- http://www.gehealthcare.com/usen/fun_img/radiopharmacy/index.html
Compañía proveedora de Ciclotrón y Modulo de Síntesis
- <http://www.medical.siemens.com/> Compañía Proveedora de Ciclotrón y modulo de Síntesis.

- http://www.medicalisotopes.com/search_cat.asp?find=512 Compañía proveedora de agua enriquecida
- <http://www.rotemi.co.il/> Compañía proveedora de agua enriquecida y Kit. FDG
- IPEN; Mesa Redonda "Uso de ciclotrón y equipo PET. Experiencia chilena. Posibilidades de uso en el Perú"; Lima, Enero 2004
- www.facmed.unam.mx/pet/medicos/med
- Brasil Nuclear. Año 10 Número 26 Dez/2003
- Comisión Chilena de Energía Nuclear. Centro Atómico de La Reyna
- Comisión Nacional de Energía Atómica, Universidad Nacional de Cuyo. Gobierno de Mendoza.
- IAEA; Directory of Cyclotrons used for Radionuclide Production in Member States. Vienna 2002.
- Registro de Cáncer de Lima Metropolitana. INEN; 1990-1993
- Solidoro Santisteban A. Cáncer en el Perú del 2000: Hechos, cifras y realidades. DIAGNOSTICO. Vol. 40, Núm. 6 Nov-Dic 2001
- Barriga Noriega O. 50 Años de Lucha Contra el Cáncer. Investigación Oncológica Año 7 No.; 3-4. Sep-Dic 2000
- Teresa Massardo; "Factibilidad de imágenes de positrones en Chile"; Dic. 2000
- International Symposium on Modern Trends in Radiopharmaceutical for Diagnosis and Therapy. OIEA, Lisboa, 1998

- Ciclotrón de Producción de Radioisótopos, CNEA. Proyecto Ciclotrón , Argentina
- MINSA, Oficina de Estadística e Informática
- Comunicación personal Enrique R. Noya; Fundación Escuela de Medicina Nuclear, Mendoza. Argentina
- Kepler JS. Department of Radiology, University of Southern California.
- Directiva General del Sistema Nacional de Inversión Pública. Resolución Directoral No. 002-2007-EF/68.01. Anexo SNIP 09
- MEF; Guía General de Identificación, Formulación y Evaluación Social de Proyectos de Inversión Pública a nivel de Perfil.

ANEXOS

ANEXO 1



PERU

Ministerio
de Energía y Minas

Secretaría General

Oficina General de
Planeamiento y Presupuesto

Lima, 05 JUL. 2010

OFICIO N° 215-2010-MEM/OGP

Señor

Kattia Bohórquez Cairo

Directora de Planeamiento y Presupuesto

Instituto Peruano de Energía Nuclear - IPEN

Presente.

Asunto: PIP Menor "Mejoramiento de servicio de análisis radiológico en muestras y productos en el Laboratorio de Radiometría del centro nuclear Raso de Carabaylo".

Me dirijo a usted, para hacer de su conocimiento que la Oficina General de Planeamiento y Presupuesto, responsable de la Oficina de Programación e Inversiones del Sector Energía y Minas, ha aprobado el PIP Menor "**Mejoramiento de servicio de análisis radiológico en muestras y productos en el Laboratorio de Radiometría del centro nuclear Raso de Carabaylo**" y lo declara viable, teniendo en cuenta que cumple con lo establecido en el Artículo 14º de la Directiva N° 001-2009-EF/68.01.

Sirva la oportunidad para expresarle los sentimientos de mi especial consideración y estima.

Atentamente,

cc: DGPM- MEF

Adj. Formato SNIP 06



Lima, 25 Nov. 2008

OFICIO N° 589 - 2008-MEM/OGP

Señor
 Iván Llamas Montoya
 Director Ejecutivo
Instituto Peruano de Energía Nuclear - IPEN
Presente.

Asunto : Perfil de Proyecto "Instalación de un ciclotrón para producir radioisótopos para la salud en Lima"

Me dirijo a usted, para hacer de su conocimiento que la Oficina General de Planeamiento y Presupuesto, responsable de la Oficina de Programación e Inversiones del Sector Energía y Minas (OPI-EM), ha aprobado el Perfil de Proyecto "Instalación de un ciclotrón para producir radioisótopos para la salud en Lima", según Informe N°315-2008-MEM/OGP-PIC y autoriza a su representada elaborar el estudio de factibilidad.

Sirva la oportunidad para expresarle los sentimientos de mi especial consideración y estima.

Atentamente,

Rafael Cardenas Vantini
 RAFAEL CÁRDENAS VANTINI
 DIRECTOR GENERAL
 OFICINA GENERAL DE PLANEAMIENTO Y PRESUPUESTO

| | |
|--|--------------|
| PROVEIDO N° 1054-08-DUR | |
| Fecha: 03 DIC. 2008 | |
| DISPOSICIÓN: | Para SECRET. |
| Aprobado | |
| Acción | ✓ |
| Conocimiento | |
| Informe | |
| Preparar Respuestas | |
| Archivo | |
| Observaciones: Reparar Memo a EJEC. <i>[Signature]</i> | |
| OF. DE PLANEAMIENTO Y PRESUPUESTO | |

| | | | | | |
|-----------------------------------|--------|----------------|-----------|---------------------------|--|
| Post-it® Transmisión por Fax 7671 | | FECHA/ DATE | 3/12/08 | N° DE PÁGINAS/ # OF PAGES | |
| PARA/TO | Carlos | DE/FROM | Hvac/ltb | | |
| COMPANIA/CO. | CAJOSO | COMPANIA/CO. | ofci Inve | | |
| DEPARTAMENTO/DEPT. | IPEN | TELÉFONO/PHONE | OPI-EM | | |
| FAX | | FAX | | | |

Adj.: Informe N° 315-2008-MEM/OGP-PIC



PERÚ

Ministerio de Energía y Minas

Instituto Peruano de Energía Nuclear



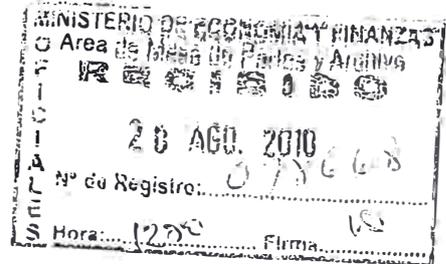
IPEN

"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"
"Año de la Consolidación Económica y Social del Perú"

Lima,

OFICIO N° 024-10-IPEN/PLPR

Señor
ROGER DIAZ ALARCON
Director General
Dirección General de Presupuesto Público
Ministerio de Economía y Finanzas
Jr. Junín N° 316
Lima.-



Asunto: Proyecto de Presupuesto 2011 – PIP Menores

Ref. : (a) Oficio N° 199-2010-MEM/OGP que aprueba PIP menor código SNIP 151590 y código DNPP N° 115862.
(b) Oficio N° 215-2010-MEM/OGP que aprueba PIP menor código SNIP 151687 y código DNPP N° 115863.

Tengo a bien dirigirme a usted, a fin de manifestarle que a la fecha el IPEN cuenta con dos PIPs menores aprobados mediante los documentos de las referencias (a) y (b), por la OPI Energía, con sus correspondientes Declaratorias de Viabilidad, así como sus Códigos DNPP, los mismos que se han ingresado en el Aplicativo respectivo, de acuerdo a lo señalado por los funcionarios del Ministerio de Energía y Minas, por lo que solicitamos se sirvan incluirlos en el documento de Programación y Formulación 2011 presentado anteriormente por el IPEN, en el plazo establecido por el MEF.

Para tal efecto, se le adjunta los dos Formatos SNIP 06: Evaluación del PIP Menor y dos Formatos SNIP-09 con las respectivas Declaratorias de Viabilidad del PIP Menor "Ampliación del Servicio de Análisis Radiológico en Muestras Ambientales y Minerales a través de un Sistema de Espectrometría Gamma Portátil en el Perú", con código SNIP 151590 y monto de inversión de S/. 299 784,00 y del PIP Menor "Mejoramiento del Servicio de Análisis Radiológico en Muestras y Productos en el Laboratorio de Radiometría del Centro Nuclear RACSO de Carabayllo", con código SNIP 151687 y monto de inversión de S/. 292 859,10.

En consecuencia, agradeceré se sirva disponer se incluya en el Presupuesto del Año Fiscal 2011, el financiamiento requerido de ambos PIP declarados viables, para la ejecución programada para el Primer Trimestre 2011, cuyo monto total asciende a S/. 592 643,10.

Es propicia la oportunidad para expresar a usted los sentimientos de mi más distinguida consideración.

Atentamente,



KB/mn.
cc:
Of. Planeamiento y Ppto.-MEM
archivo

ing. KATTIA J. BOHORQUEZ CAIRO
Directora de Planeamiento y Presupuestos
Instituto Peruano de Energía Nuclear